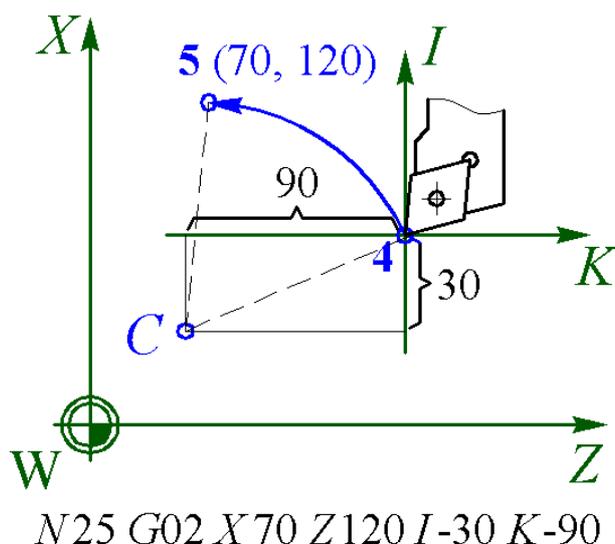


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Д. Е. Турчин

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
220301 «Автоматизация технологических процессов
и производств (в машиностроении)» в качестве электронного
издания для использования в учебном процессе



Кемерово 2011

Рецензенты:

И. В. Чичерин – к.т.н., доцент кафедры ИиАПС

В. А. Полетаев – проф., д.т.н., председатель УМК специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)»

Турчин Денис Евгеньевич. Программирование обработки на станках с ЧПУ: методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для студентов очной формы обучения специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)» / Д. Е. Турчин Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); зв.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 256 Мб; WindowsXP; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана.

В данных методических указаниях изложены содержания лабораторных работ, порядок их выполнения и контрольные вопросы к ним.

© КузГТУ

© Турчин Д. Е.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПОДГОТОВКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – приобрести умение производить подготовку геометрической информации для написания управляющей программы при контурной обработке детали на станке с ЧПУ

1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.2.1. Системы координат станков с ЧПУ

Работа станка с ЧПУ тесно связана с системами координат, оси которых располагают параллельно направляющим станка, что позволяет при программировании обработки указывать направления и величины перемещений рабочих органов.

Система координат станка MCS (*machine coordinate system*) – это координатная система, в которой определяются начальные, текущие и предельные положения рабочих органов станка. Система координат станка является главной расчетной системой, относительно которой задается положение всех других систем координат (детали, программы, инструмента). Начало системы координат станка обозначают буквой М и символом  и называют *нулем станка* (рис. 1.1).

Положения рабочих органов характеризуют *базовые точки*, которые выбираются в зависимости от конструкции рабочих органов (узлов станка). Например, для шпиндельного узла базовой точкой является точка пересечения F торца шпинделя с осью его вращения (рис. 1.1).

Если у станка с ЧПУ имеется несколько рабочих органов, несущих инструмент, то используют следующие обозначения координатных осей и соответствующих им перемещений (рис. 1.2): X, Y, Z – первый рабочий орган; U, V, W – второй рабочий орган (вторичные оси); P, Q, R – третий рабочий орган (третичные оси).

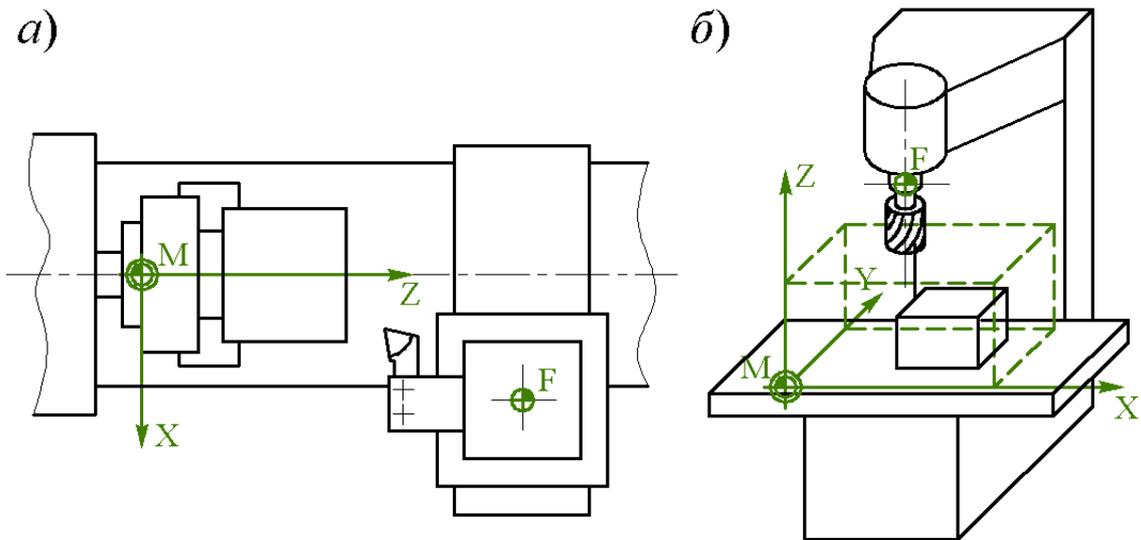


Рис. 1.1. Системы координат станков с ЧПУ:
 а) – токарный станок; б) – вертикально-фрезерный станок

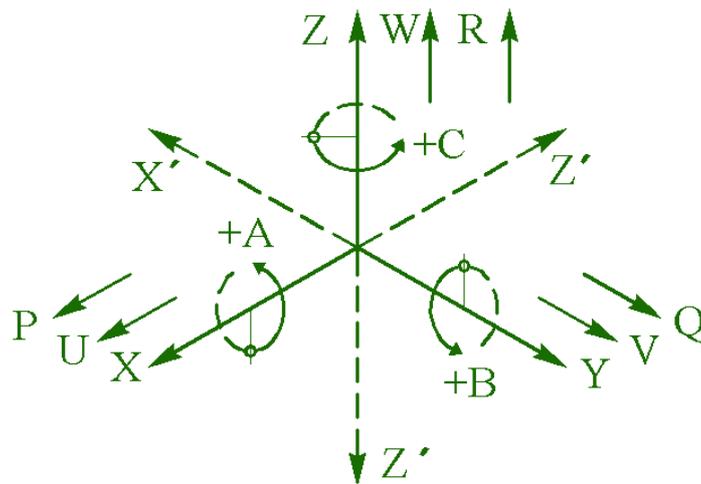


Рис. 1.2. Обозначения осей и движений в системе координат станка

Круговые перемещения рабочих органов, несущих инструмент, обозначают буквами: A – вокруг оси X ; B – вокруг оси Y ; C – вокруг оси Z . Следует отметить, что к круговым перемещениям не относится вращение шпинделя.

Положительные направления движения заготовки относительно неподвижных частей станка указывают оси X' , Y' , Z' , направленные противоположно осям X , Y , Z .

Для обеспечения единства методов подготовки управляющих программ для всех станков с ЧПУ принята **стандартная система координат**, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Стандартная система координат является правой прямоугольной системой координат, то есть координатные оси в данной системе ориентированы относительно друг друга определенным образом.

Для запоминания расположения осей в правой системе координат можно воспользоваться **правилом правой руки**: направлениям осей X , Y , Z соответствует расположение большого, указательного и среднего пальцев правой руки (рис. 1.3, а).

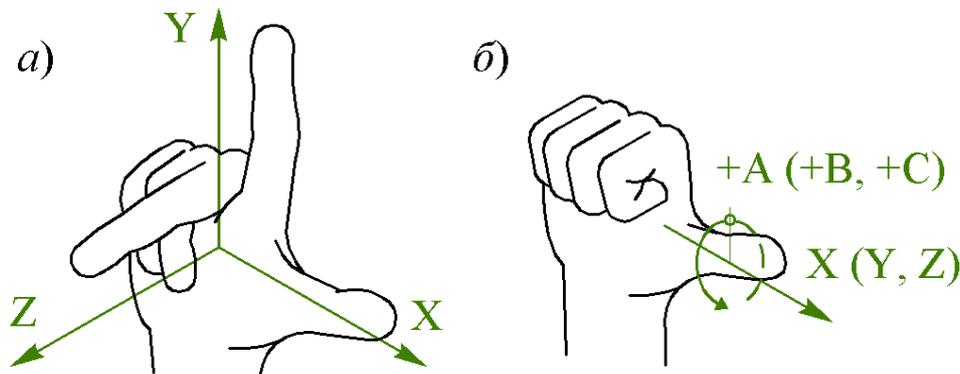


Рис. 1.3. Определение направления осей и движений в правой системе координат по правилу «правой руки»

Правило «правой руки» позволяет определить положительное направление вращения в правой системе координат. Если расположить большой палец правой руки по направлению оси, то остальные согнутые пальцы укажут положительное направление вращения (рис. 1.3 б).

2. При использовании стандартной системы координат нуль станка фиксируется относительно рабочего органа несущего заготовку в таком положении, при котором все перемещения станка задаются положительными координатами.

3. Ось Z стандартной системы координат принимается параллельной оси вращения шпинделя, а за ось X выбирается ось, вдоль которой возможно большее перемещение.

4. Положительные направления осей X, Y, Z принимаются такие, в которых инструмент удаляется от заготовки.

1.2.2. Система координат детали и инструмента

Для удобства подготовки управляющих программ помимо системы координат станка также используются системы координат детали и инструмента.

Система координат детали WCS (Workpiece Coordinate System) – это координатная система, в которой определены все размеры данной детали и заданы координаты опорных точек траектории инструмента. Система координат детали является главной системой при программировании обработки. Начало системы координат детали обозначают буквой W и символом \oplus и называют **нулем детали** (рис. 1.4).

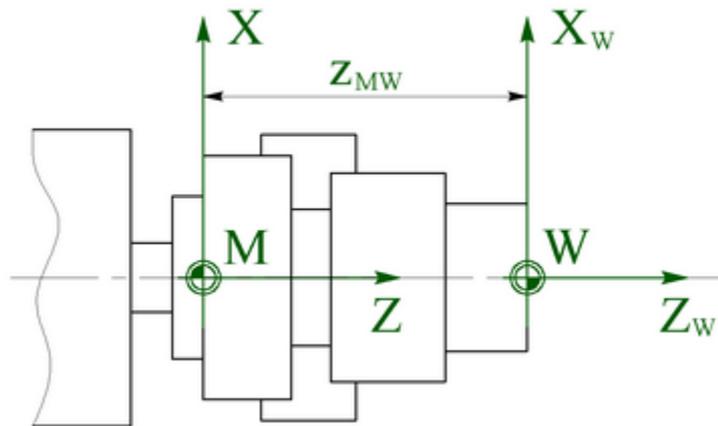


Рис. 1.4. Пример расположения системы координат детали при обработке на токарном станке с ЧПУ

В качестве системы координат детали наиболее часто используется правая прямоугольная система координат. Кроме того, в качестве системы координат детали могут быть использованы цилиндрическая и сферическая координатные системы. Например, цилиндрическую систему координат удобно использовать при сверлильно-расточной обработке, когда обрабатываемые отверстия расположены по окружности.

Для упрощения разработки УП при выборе положения системы координат детали необходимо обеспечить следующие требования:

- 1) направления осей системы координат детали следует принимать такими же, как у системы координат станка;
- 2) координатные плоскости необходимо совмещать с поверхностями технологических баз или располагать параллельно;
- 3) нуль детали требуется выбирать таким, чтобы все или большая часть опорных точек имели положительные координаты;
- 4) координатные оси следует совмещать с осями симметрии детали или выносными линиями, от которых проставлено наибольшее число размеров.

Система координат инструмента TCS (Tool Coordinate System) – это координатная система, которая предназначена для задания положения режущей части инструмента относительно державки. Начало системы координат инструмента обозначают буквой T и символом \oplus и называют **нулем инструмента** (рис. 1.5).

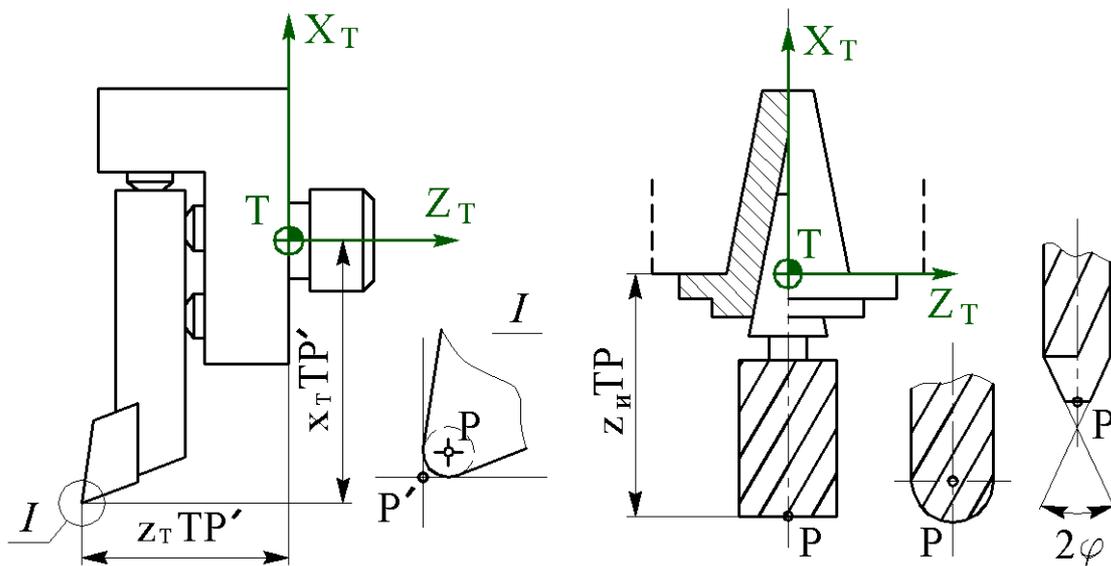


Рис. 1.5. Примеры размещения системы координат инструмента относительно инструментального блока и центра инструмента относительно его режущей части

На станках с ЧПУ режущий инструмент осуществляет работу совместно со вспомогательным инструментом (державкой).

Все вместе это образует инструментальный блок, который позволяет производить настройку инструмента вне станка.

Система координат инструмента представляет собой правую координатную систему, которая жестко связана с инструментальным блоком, состоящим из режущего и вспомогательного инструментов.

Положение система координат инструмента должно удовлетворять следующим требованиям:

- 1) оси системы координат инструмента должны быть параллельны соответствующим осям стандартной системы координат;
- 2) нуль инструмента T должен быть совмещен с базовой точкой инструментального блока, положение которой зависит от особенностей установки блока на станке.

На рис. 1.5 представлены примеры размещения системы координат в соответствии с указанными правилами, где в качестве инструментов выступают токарный резец и произвольный осевой инструмент (фреза, сверло и др.).

Положение режущей части инструмента характеризуется положением его вершины и режущих кромок.

Вершина инструмента задается точкой P , которая располагается в центре закругления инструмента и называется **центром инструмента** (рис. 1.5).

Центр инструмента P используется в качестве расчетной точки при вычислении траектории инструмента, а сама траектория представляет собой множество положений точки P .

Исходная точка O – точка, с которой начинается работа по управляющей программе.

Перед началом обработки центр инструмента совмещен с нулем программы.

Исходную точку выбирают исходя из следующих соображений:

- 1) минимизация вспомогательных перемещений инструмента;
- 2) обеспечение удобства и безопасности смены инструмента.

1.2.3. Особенности построения расчетно-технологической карты

Расчетно-технологическая карта (РТК) представляет собой технологический документ, который содержит законченный план обработки детали на станке в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчетными размерами. По данным РТК технолог программист, не обращаясь к чертежу детали или каким-либо другим источникам, может полностью составить текст управляющей программы.

Можно выделить следующие этапы оформления РТК:

1. Вычерчивают в масштабе контур детали, подлежащий обработке, и контур заготовки с указанием всех размеров, необходимых при программировании.

2. Намечают расположение базирующих элементов и прижимов в соответствии с техническими условиями на приспособление.

3. Наносят траекторию движения центра инструмента для каждого из используемых инструментов. При этом рабочие перемещения инструмента обозначают сплошными линиями, а холостые (ускоренные) перемещения – прерывистыми линиями.

4. На траектории инструмента отмечают и обозначают цифрами опорные точки траектории и ставят стрелки, указывающие направление движения. При необходимости указывают места контрольных точек и точек остановки, необходимых для смены инструмента, изменения частоты вращения шпинделя, переустановки детали и др., указывают продолжительность остановки в секундах.

5. Наносят дополнительные данные, тип станка, наименование и материал детали, особенности заготовки и ее крепления, параметры инструмента и режимы его работы на отдельных участках траектории и пр.

Пример оформления РТК показан на рис. 1.6.

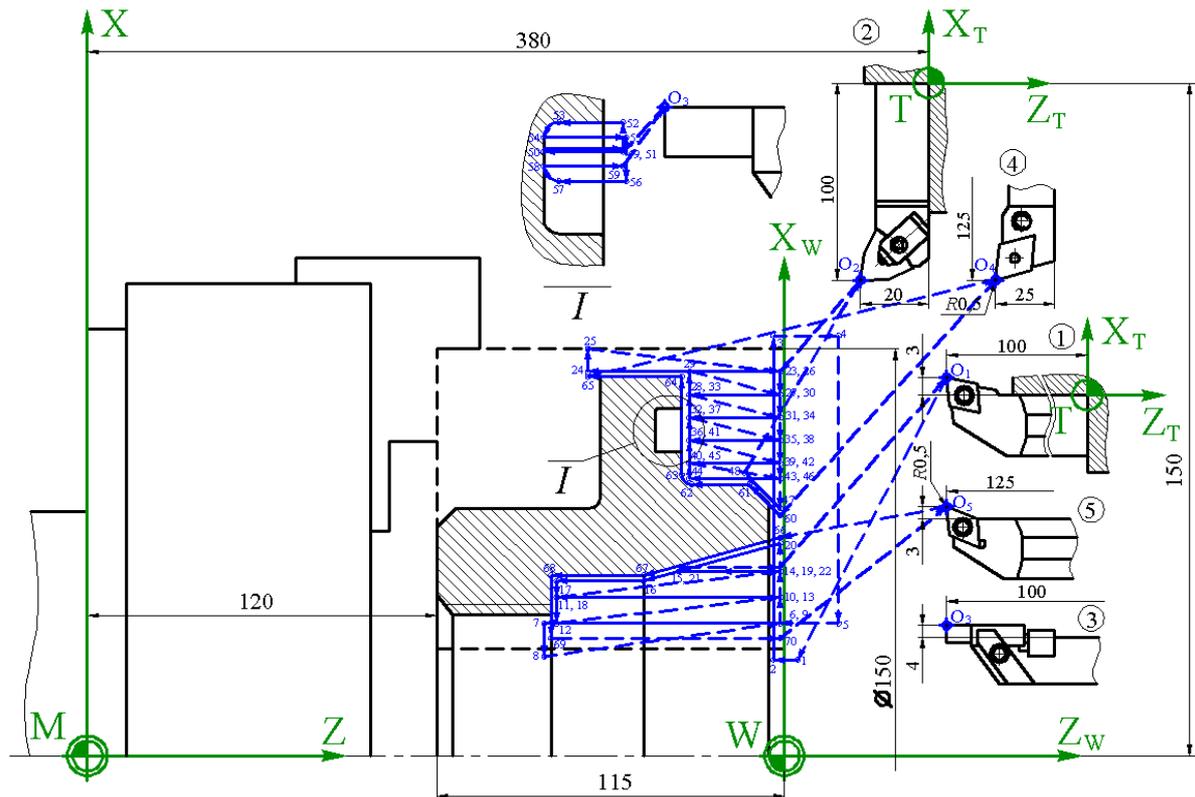


Рис. 1.6. Расчетно-технологическая карта

При построении траектории движения центра инструмента на РТК необходимо соблюдать следующие правила:

1. Подводить инструмент к обрабатываемой поверхности и отводить его следует по специальным траекториям с учетом величин недоходов и перебегов.

2. Недопустимы остановка инструмента и резкое изменение подачи в процессе резания, что сопровождается повреждением обрабатываемой поверхности. Перед остановкой или резким изменением подачи необходимо отвести инструмент от обрабатываемой поверхности.

3. Длина холостых перемещений должна быть минимальной.

4. Для устранения влияния на точность обработки люфтов станка желательно предусмотреть дополнительные петлеобразные переходы в зонах реверса, обеспечивающие выборку люфта.

1.2.4. Особенности расчета траектории инструмента при контурной обработке

При обработке контура детали на станке с ЧПУ траектория движения инструмента представляет собой множество положений центра этого инструмента.

Различают следующие способы расположения траектории движения инструмента относительно контура детали:

1. Траектория совпадает с контуром детали (рис. 1.7, а).

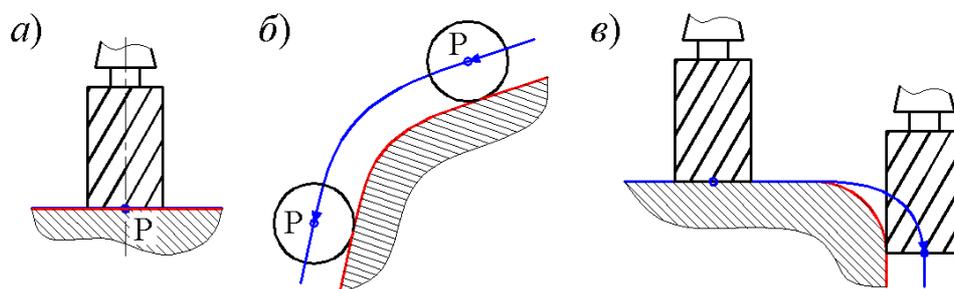


Рис. 1.7. Варианты расположения траектории инструмента относительно контура детали

2. Траектория эквидистантна (расположена по эквидистанте) контуру детали (рис. 1.7, б).

Эквидистанта – геометрическое место точек, равноудаленных от какой либо линии и лежащих по одну сторону от нее.

3. траектория изменяет положение относительно контура детали по определенному закону (рис. 1.7, в).

Для упрощения расчетов траекторию инструмента необходимо разбивать на отдельные участки, называемые геометрическими элементами траектории. К геометрическим элементам относятся отрезки прямых, дуги окружностей, кривые второго и высшего порядков.

Расчет траектории инструмента сводится к определению координат опорных точек, которые разделяют на геометрические и технологические.

Опорные геометрические точки – точки, в которых происходит изменение закона, описывающего траекторию инструмента.

Опорные технологические точки – точки траектории, в которых происходит изменение условий протекания технологического процесса (изменение режимов обработки, временный останов инструмента, включение или выключение охлаждения и т. д.).

Положение опорных точек может задаваться двумя способами:

1) **в абсолютных размерах**, когда координаты всех опорных точек заданы относительно одной точки (главным образом относительно нуля детали).

2) **в приращениях**, когда координаты каждой последующей опорной точки заданы относительно предыдущей точки.

Выделяют графический и аналитический методы определения координат опорных точек. При графическом методе координаты опорных точек находят непосредственно с расчетно-технологической карты, построенной в требуемом масштабе. Данный метод характеризуется погрешностями построения траектории и измерения размеров и часто не обеспечивает определение координат с требуемой точностью. Более точным является аналитический метод, который заключается в расчете координат опорных точек через специальные уравнения и формулы.

При контурной обработке (траектория эквидистантна контуру) расчет координат опорных точек траектории включает два этапа:

Этап 1. Расчет координат опорных точек на контуре детали

В общем случае на данном этапе находят уравнения, описывающие геометрические элементы контура детали, и совместно решают эти уравнения для соседних геометрических элементов. Тем самым находят координаты опорных точек, расположенных на пересечении геометрических элементов контура детали. Иногда для расчета координат точек на контуре более удобным является использование специальных формул, получаемых через размеры геометрических элементов и координаты характерных точек этих элементов.

Наиболее часто решаются задачи определения координат опорных точек, лежащих на пересечении прямых и окружностей. Расчетные формулы для различных случаев пересечения прямых и окружностей представлены в табл. П.1.

Этап 2. Расчет координат опорных точек на эквидистанте

На данном этапе по специальным формулам производится расчет координат опорных точек на эквидистанте через координаты соответствующих точек на контуре детали. Формулы для расчета координат опорных точек на эквидистанте для нескольких случаев представлены в табл. П.2.

Используют два способа соединения элементов эквидистанты в зависимости от угла α между соседними геометрическими элементами контура детали:

1) при $\alpha \leq 180^\circ$ геометрические элементы эквидистанты соединены точкой их пересечения (рис. 1.8, а);

2) при $\alpha > 180^\circ$ геометрические элементы эквидистанты соединены дугой окружности радиусом $R_{\text{и}}$, центр которой расположен в соответствующей опорной точке контура детали (рис. 1.8, б).

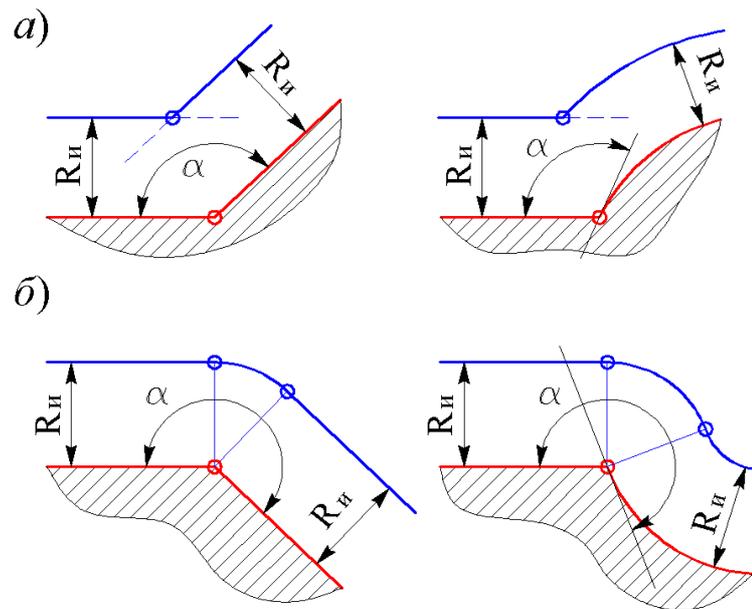


Рис. 1.8. Способы соединения элементов эквидистанты

1.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данная лабораторная работа предполагает выполнение следующих этапов:

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.

3. Построить расчетно-технологическую карту обработки заданной детали по выделенному контуру.

4. Произвести расчет координат опорных точек на контуре детали.

5. На основе полученных значений координат опорных точек на контуре детали аналитически определить координаты опорных точек на эквидистанте.

6. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

1.4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

В качестве вариантов заданий для выполнения данной лабораторной работы предлагаются эскизы обрабатываемых деталей (рис. 1.9–1.13), на которых выделен красным цветом обрабатываемый контур. Размеры указанных деталей для различных вариантов задания представлены в табл. 1.1–1.5.

Обработка должна быть произведена путем однократного прохода инструментом по контуру детали. При этом наружный и внутренний контуры детали обрабатываются разными инструментами, то есть обработка осуществляется за два перехода.

Плоские детали должны быть обработаны на фрезерном станке с помощью концевых фрез. Радиусы концевых фрез принять меньше, чем радиусы обрабатываемых ими элементов контура. Детали типа тел вращения обрабатываются на токарном станке с помощью контурных резцов. Радиусы скругления при вершине контурных резцов принять равными 0,1–0,5 мм.

Величины недоходов и перебегов режущих инструментов принять равными 1–5 мм.

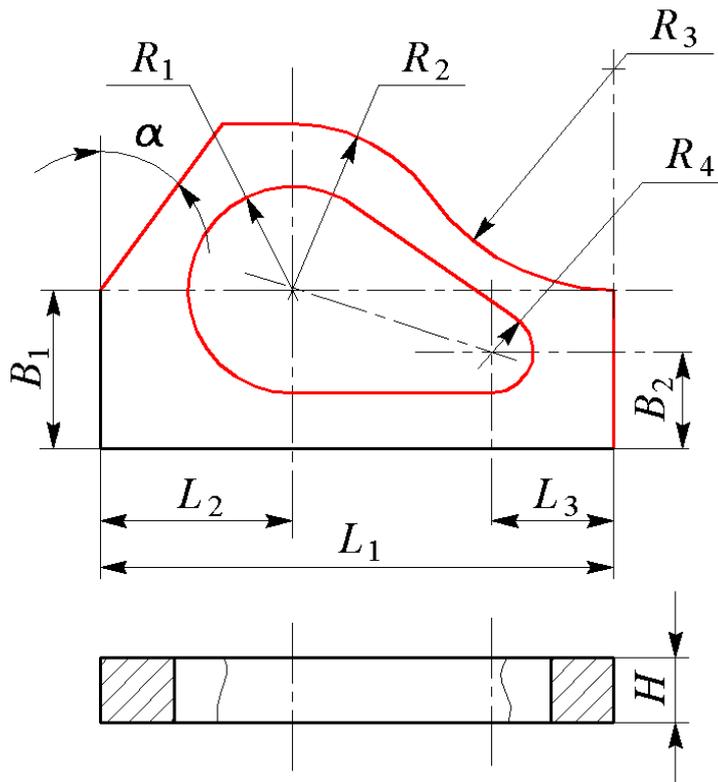


Рис. 1.9. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 1.1

Размеры обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Размер, мм	Вариант				
	1	6	11	16	21
L_1	105	108	114	118	125
L_2	35	33	37	40	39
L_3	20	23	25	28	30
R_1	20	24	25	26	28
R_2	35	40	42	43	46
R_3	40	42	48	47	53
R_4	15	18	14	20	22
B_1	30	32	30	32	36
B_2	22	25	20	25	28
H	10	8	12	14	10
α	40°	45°	40°	45°	40°

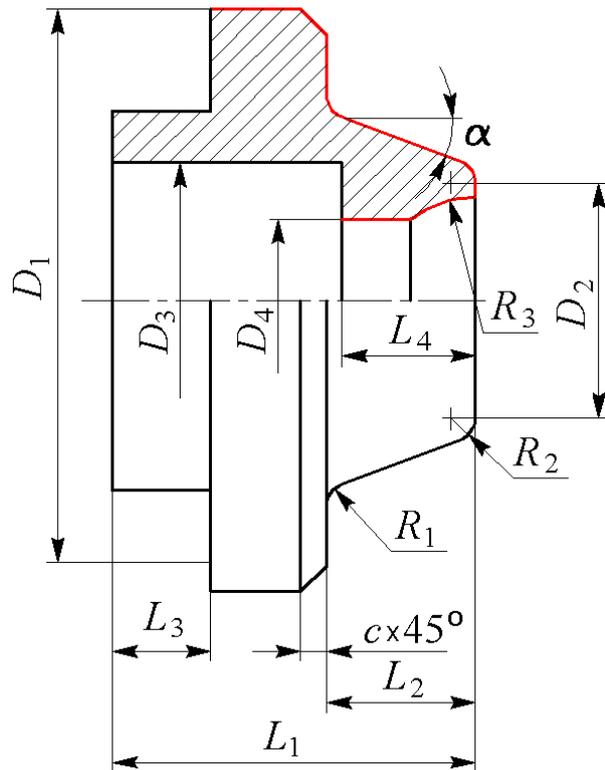


Рис. 1.10. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Таблица 1.2

Размеры обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Размер, мм	Вариант				
	2	7	12	17	22
L_1	60	62	68	65	70
L_2	32	40	35	37	40
L_3	15	18	20	15	15
L_4	25	30	28	25	28
R_1	3	4	3	3	4
R_2	4	3	4	3	4
R_3	21	24	20	25	20
D_1	90	90	94	86	90
D_2	44	52	45	54	55
D_3	26	30	28	31	33
D_4	18	20	16	20	18
c	2	3	2	2	3
α	12°	14°	12°	15°	15°

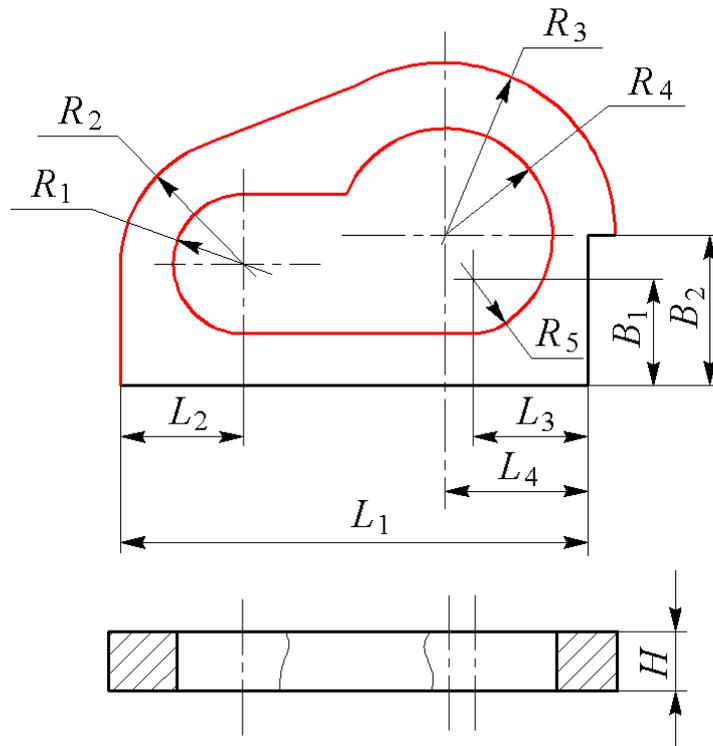


Рис. 1.11. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Таблица 1.3

Размеры обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Размер, мм	Вариант				
	3	8	13	18	23
L_1	135	108	110	106	88
L_2	25	15	18	23.5	15.5
L_3	26	27	30	30	21.5
L_4	33	33	35	37	25
R_1	17	12	15	20	11
R_2	25	16	20	24	16
R_3	30	33	35	37	25
R_4	20	22	25	28	15
R_5	16	9	13	18	10
B_1	16	18.5	25.5	25	17.5
B_2	19.5	30	36	34	22
H	12	10	8	12	10

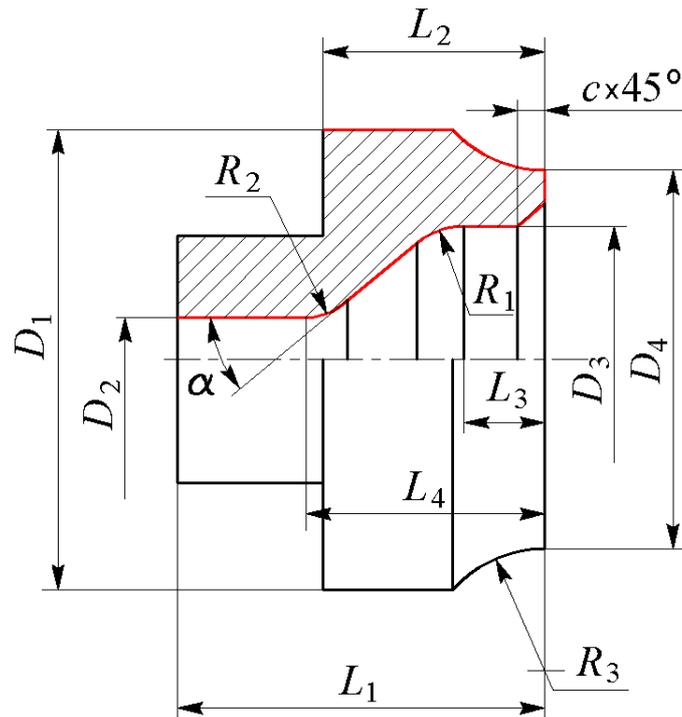


Рис. 1.12. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Таблица 1.4

Размеры обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Размер, мм	Вариант				
	4	9	14	19	24
L_1	70	65	64	60	65
L_2	40	36	36	30	42
L_3	15	15	15	14	15
L_4	46	40	40	36	48
R_1	2	2	3	2	3
R_2	2	2	3	2	3
R_3	10	10	20	30	40
D_1	86	90	90	88	92
D_2	16	20	20	14	22
D_3	46	48	48	40	50
D_4	64	68	68	64	70
c	3	2	3	2	3
α	25°	22°	30°	30°	25°

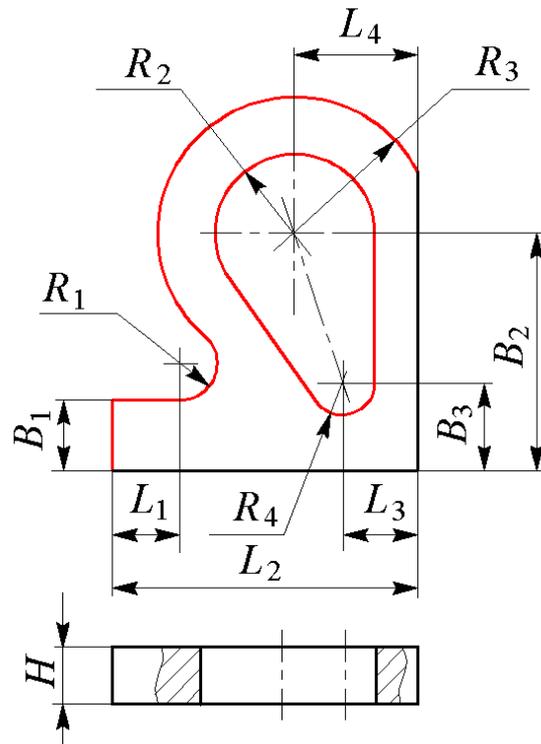


Рис. 1.13. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Таблица 1.5
Размеры обрабатываемой детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Размер, мм	Вариант				
	5	10	15	20	25
L_1	9	10	10	14	9
L_2	37	40	35	44	38
L_3	9	11	9	11	10
L_4	15	18	15	19	14
R_1	5	6	5	6.5	5
R_2	10	12	12	14	15
R_3	16	19	16	20	8
R_4	4	5	5.5	5	3.5
B_1	9	11	10	11	8.5
B_2	31	34	33	34	30
B_3	12	14	13	15	11.5
H	12	9	10	9	8

1.5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Пусть требуется произвести обработку детали, показанной на рис. 1.14, по контуру, выделенному красным цветом.

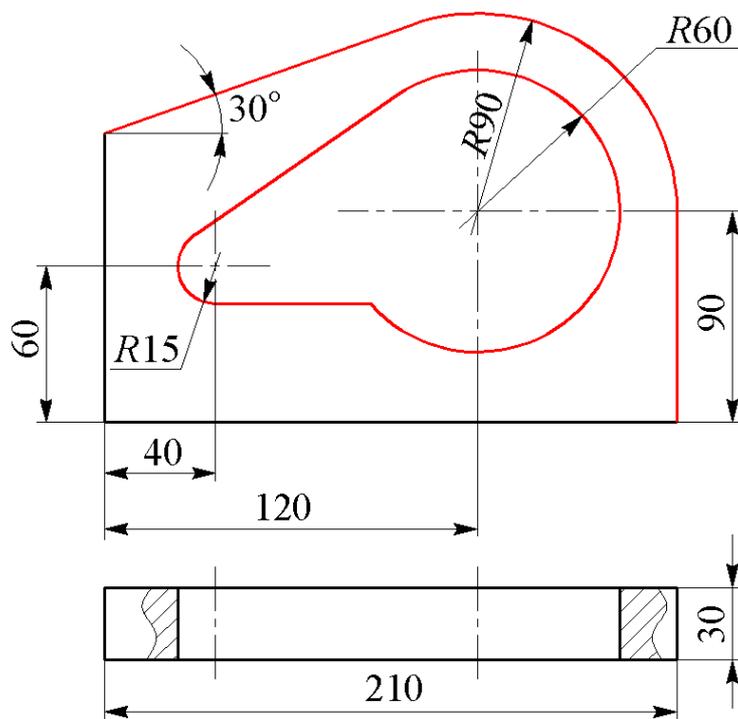


Рис. 1.14. Эскиз обрабатываемой детали

РТК обработки заданной детали показана на рис. 1.15.

Необходимо аналитически определить координаты X и Y опорных точек 3, 4, 9, 12, 13 эквидистанты. Для этого найдем координаты X и Y опорных точек a, b, c, d, e контура детали по следующим формулам (табл. П.1):

$$\begin{aligned}
 x_a &= x_{C1} \pm R_1 \cdot \sin \alpha; & x_a &= 120 - 90 \cdot \sin 30^\circ = 90 \text{ (мм)}; \\
 y_a &= y_{C1} \pm R_1 \cdot \cos \alpha; & y_a &= 90 + 90 \cdot \cos 30^\circ = 167,94 \text{ (мм)}; \\
 x_b &= 0; \\
 y_b &= y_a - x_a \cdot \operatorname{tg} 30^\circ; & y_b &= 141,96(1 - \operatorname{tg} 30^\circ) = 60,00 \text{ (мм)}; \\
 x_c &= x_{C1} \pm R_1 \cdot \sin (\lambda + \varphi); & y_c &= y_{C1} \pm R_1 \cdot \cos (\lambda + \varphi); \\
 x_d &= x_{C2} \pm R_2 \cdot \sin (\lambda + \varphi); & y_d &= y_{C2} \pm R_2 \cdot \cos (\lambda + \varphi); \\
 \lambda &= \operatorname{arctg} (y_{C1} - y_{C2}) / (x_{C1} - x_{C2}); \\
 \lambda &= \operatorname{arctg} (90 - 60) / (120 - 40) = 20,56^\circ; \\
 \varphi &= \operatorname{arcsin} (R_1 - R_2) / [(y_{C2} - y_{C1})^2 + (x_{C2} - x_{C1})^2]^{1/2};
 \end{aligned}$$

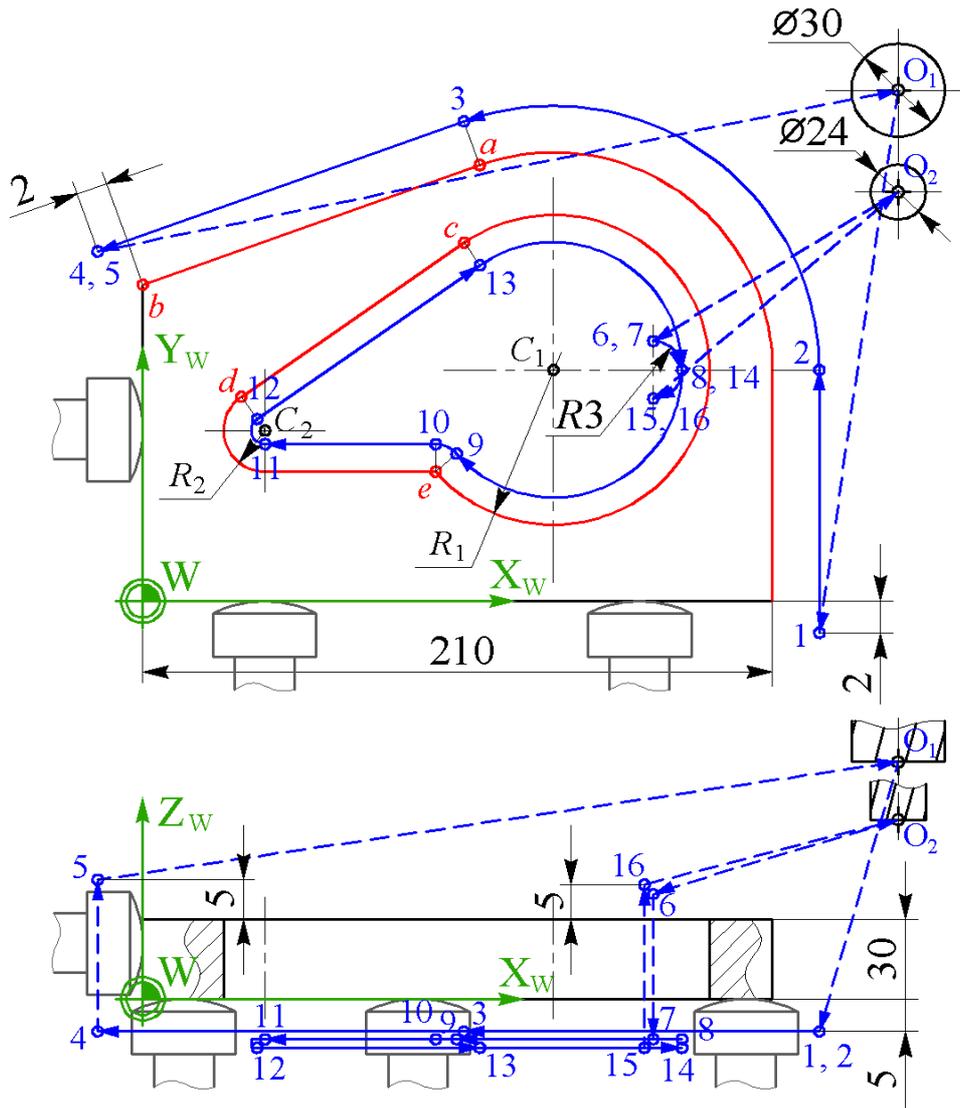


Рис. 1.15. Расчетно-технологическая карта

$$\varphi = \arcsin (60 - 15) / [(90 - 60)^2 + (120 - 40)^2]^{1/2} = 31,78^\circ;$$

$$x_c = 120 - 60 \cdot \sin (20,56^\circ + 31,78^\circ) = 72,50 \text{ (мм)};$$

$$y_c = 90 + 60 \cdot \cos (20,56^\circ + 31,78^\circ) = 126,66 \text{ (мм)};$$

$$x_d = 40 - 15 \cdot \sin (20,56^\circ + 31,78^\circ) = 28,13 \text{ (мм)};$$

$$y_d = 60 + 15 \cdot \cos (20,56^\circ + 31,78^\circ) = 69,16 \text{ (мм)};$$

$$y_e = 60 - 15 = 45 \text{ (мм)};$$

$$x_e = x_{C1} - [R_1^2 - (y_{C1} - y_e)^2]^{1/2}.$$

$$x_e = 120 - [60^2 - (90 - 45)^2]^{1/2} = 80,31 \text{ (мм)}.$$

Отсюда координаты опорных точек траектории инструмента будут (табл. П.2):

$$x_3 = x_a - R_{ил} \cdot (x_{C2} - x_d) / R_1;$$

$$x_3 = 90 - 15 \cdot (120 - 90) / 60 = 82,5 \text{ (мм)};$$

$$y_3 = y_a + R_{и1} \cdot (y_a - y_{C1}) / R_1;$$

$$y_3 = 141,96 + 15 \cdot (141,96 - 90) / 60 = 154,95 \text{ (мм)};$$

$$x_4 = x_b - (R_1^2 + 2^2) \sin(\alpha + \beta); \quad y_4 = y_b + (R_1^2 + 2^2) \cos(\alpha + \beta);$$

$$\beta = \arctg 2/R_{и1}; \quad \beta = \arctg 2/15 = 7,59^\circ;$$

$$x_4 = 0 - (15^2 + 4) \sin(30^\circ + 7,59^\circ) = -9,23 \text{ (мм)};$$

$$y_4 = 60 + (15^2 + 4) \cos(30^\circ + 7,59^\circ) = 71,99 \text{ (мм)};$$

$$x_9 = x_e + R_{и2} \cdot (x_{C1} - x_e) / R_1;$$

$$x_9 = 80,31 + 12 \cdot (120 - 80,31) / 60 = 88,25 \text{ (мм)};$$

$$y_9 = y_e + R_{и2} \cdot (y_{C1} - y_e) / R_1;$$

$$y_9 = 80,31 + 12 \cdot (90 - 45) / 60 = 89,31 \text{ (мм)};$$

$$x_{12} = x_d + R_{и2} \cdot (x_{C2} - x_d) / R_2;$$

$$x_{12} = 28,13 + 12 \cdot (40 - 28,13) / 15 = 37,63 \text{ (мм)};$$

$$y_{12} = y_d - R_{и2} \cdot (y_d - y_{C2}) / R_2;$$

$$y_{12} = 69,16 - 12 \cdot (69,16 - 60) / 15 = 61,83 \text{ (мм)};$$

$$x_{13} = x_c + R_{и2} \cdot (x_{C1} - x_c) / R_1;$$

$$x_{13} = 72,5 + 12 \cdot (120 - 72,5) / 60 = 82 \text{ (мм)};$$

$$y_{13} = y_c + R_{и2} \cdot (y_c - y_{C1}) / R_1;$$

$$y_{13} = 126,66 - 12 \cdot (126,66 - 90) / 60 = 119,33 \text{ (мм)}.$$

Найденные значения координат опорных точек представлены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Координаты опорных точек траектории инструмента

№	X, мм	Y, мм	Z, мм	№	X, мм	Y, мм	Z, мм
O ₁	240	200	50	8	168	90	-5
1	225	-2	-5	9	88,25	89,31	-5
2	225	90	-5	10	88,25	57	-5
3	82,5	154,95	-5	11	40	57	-5
4	-9,23	71,99	-5	12	37,63	61,83	-5
5	-9,23	71,99	35	13	82	119,33	-5
O	240	200	45	14	168	90	-5
6	177	93	35	15	165	87	-5
7	165	93	-5	16	165	87	35

1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение системы координат станка?
2. Что представляет собой стандартная система координат станков с ЧПУ?
3. Каково назначение системы координат детали?
4. Для чего предназначена система координат инструмента?
5. Что такое исходная точка и руководствуясь чем выбирают ее положение при обработке на станках с ЧПУ?
6. Что представляет собой траектория движения инструмента (для положения какой точки задается и из каких элементов состоит)?
7. Что такое опорная точка траектории инструмента, и какие выделяют виды опорных точек?
8. Какие используются способы задания положения опорных точек?
9. Что такое эквидистанта, и каким образом координаты опорных точек на ней при использовании расчетно-аналитического метода?
10. Какие используются способы соединения геометрических элементов эквидистанты, и в каких случаях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА СТАНКЕ 16К20Ф3 С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ NC-201

2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – приобрести умение осуществлять подготовку станка и устройства ЧПУ к выполнению управляющей программы на примере станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ NC-201.

2.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.2.1. Общее описание станка 16К20Ф3

Станок с ЧПУ модели 16К20Ф3 (рис. 2.1) предназначен для токарной обработки деталей типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, в том числе и для нарезания резьб. Основные технические характеристики станка 16К20Ф3 представлены в табл. 2.1.



Рис. 2.1. Общий вид станка 16К20Ф3

Таблица 2.1

Основные технические характеристики станка 16К20Ф3

Наименование	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм: • над станиной • над суппортом	400 200
Наибольшая длина обрабатываемой детали, мм	1000
Наибольшая длина хода суппорта, мм: • продольного (по оси Z) • поперечного (по оси X)	905 210
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	35...1600
Пределы шагов нарезаемых резьб, мм	
Скорость быстрых перемещений суппорта, мм/мин • продольных (по оси Z) • поперечных (по оси X)	4800 2400
Максимальная скорость рабочей подачи, мм/мин	
Число позиций универсальной револьверной головки	6

За положительное направление по оси продольного перемещения Z принято перемещение инструмента относительно заготовки вправо, а по оси поперечного перемещения X – поперечное перемещение инструмента от заготовки к оператору (рис. 2.2).

Для автоматической смены инструментов используется шестипозиционная револьверная головка УГ-9321 с вертикальной осью вращения (рис. 2.3).

Установка заготовок производится в трехкулачковый быстропереналаживаемый патрон с ручным приводом (рис. 2.4).

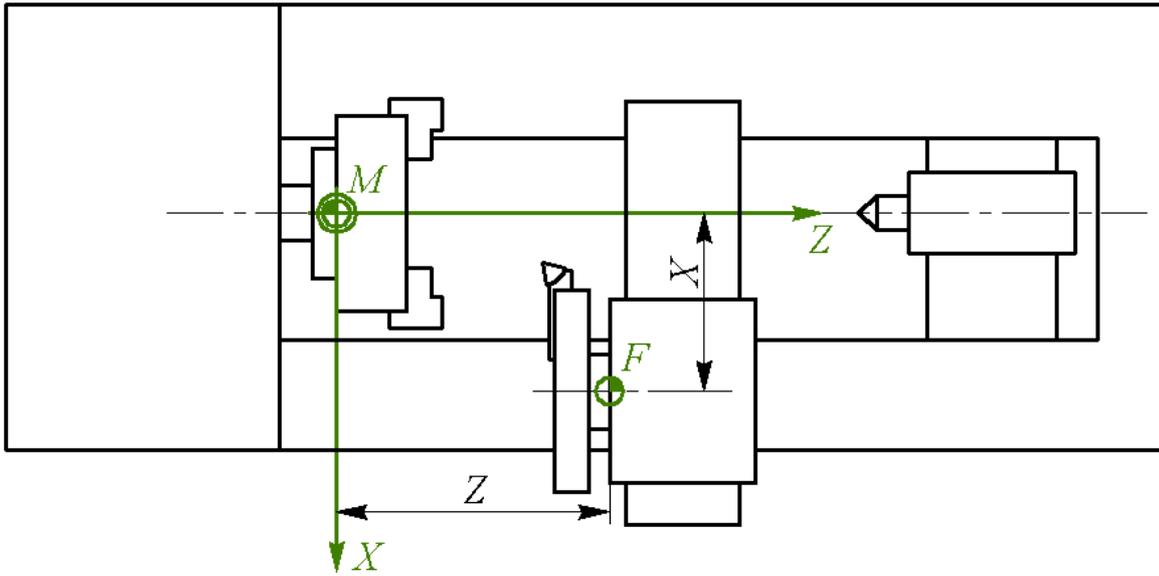


Рис. 2.2. Координаты станка 16К20Ф3



Рис. 2.3. Шестипозиционная револьверная головка



Рис. 2.4. Трехкулачковый патрон с зажатой деталью

2.2.2. Общее описание устройства ЧПУ NC-201

Устройство ЧПУ NC-201 фирмы Балт-Систем (рис. 2.5) предназначено для управления оборудованием, оснащенным следящими электроприводами с обратной связью.



Рис. 2.5. Общий вид стойки (устройства ЧПУ) NC-201

Программное обеспечение устройства ЧПУ работает под управлением операционной системы MS-DOS.

Основные технические характеристики устройства ЧПУ NC-201 представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Основные технические характеристики устройства ЧПУ NC-201

Наименование	Значение
Число управляемых координат (со шпинделем)	4
Центральный микропроцессор Intel 486/5x86: • тактовая частота, МГц	133
Емкость основной памяти, Мб: • ОЗУ (DRAM) • ПЗУ (Flash)	8 8
Дисплей TFT 10.4": • разрешающая способность • цветность (число цветов)	640×480 256

Для задания перемещений суппорта по выбранной координате вручную используется электронный штурвал (рис. 2.6), размещенный на передней панели устройства ЧПУ. На этой же панели располагаются кнопки включения и выключения комплекса «станок с ЧПУ» (рис. 2.7) (красная и зеленая кнопки соответственно).



Рис. 2.6. Электронный штурвал



Рис. 2.7. Кнопки включения и выключения станка с ЧПУ

2.2.3. Описание пульта оператора

Пульт оператора рассматриваемого устройства ЧПУ включает модуль дисплея и модуль клавиатуры. Лицевая панель пульта оператора представлена на рис. 2.8. Она состоит из следующих секций:

- 1) центральная секция, в которой расположен жидкокристаллический дисплей TFT 10.4";

2) вертикальная секция алфавитно-цифрового наборного поля, в которой клавиши соответствуют по своему назначению клавишам компьютерной клавиатуры;

3) горизонтальная секция, в которой размещены функциональная клавиатура и станочная консоль с элементами управления и индикации.



Рис. 2.8. Лицевая панель пульта оператора

Вывод информации на дисплей осуществляется в следующих режимах работы устройства ЧПУ:

1) режим **команда**, предназначенный для ввода и редактирования управляющей программы и для работы с файлами;

2) режим **управление станком**, служащий для управления работой станка и контроля над состоянием текущего процесса.

Переход из режима **команда** в режим **управление станком** и обратно осуществляется с помощью клавиши **переход** , размещенной на функциональной клавиатуре.

Диалог оператора с системой в режиме **управление станком** производится через видеостраницы #1 – #7 (рис. 2.9). Графическая информация выводится на видеостраницу #6 (рис. 2.X).



Рис. 2.9. Видеостраница #1 (управление станком)

На станочной консоли расположены следующие элементы:

1. Сетевой выключатель (замок с ключом), используемый для включения/выключения (ON/OFF) питания УЧПУ (рис. 2.6).

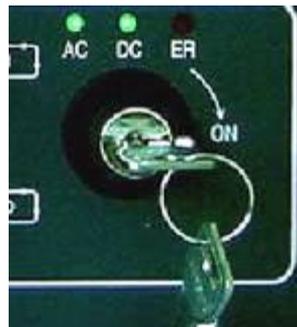


Рис. 2.10. Сетевой выключатель

2. Кнопки **пуск** и **стоп**, имеющие соответственно зеленый и красный цвета с индикацией. Кнопка **пуск**  управляет выполнением программы и движением осей. Кнопка **стоп**  останавливает движение с управляемым замедлением.

3. Переключатель режимов работы станка (рис. 2.11), которым можно задать следующие режимы:

MDI – режим **ручной ввод кадра**, в котором при нажатии кнопки **пуск** выполняется отработка кадра;

AUTO – режим **автоматический**, в котором при нажатии кнопки **пуск** выполняется отработка всей УП кадр за кадром;

STEP – режим **кадр**, в котором при нажатии кнопки **пуск** выполняется отработка отдельного кадра;

HOME – режим **выход в ноль**, в котором при нажатии кнопки **пуск** выполняется вывод рабочего органа в фиксированную точку станка;

RESET – режим **сброс**, в котором при нажатии кнопки **пуск** обнуляется информация, находящаяся в динамическом буфере;

MANU – режим безразмерные ручные перемещения;

MANJ – режим фиксированные ручные перемещения;



Рис. 2.11. Переключатель режимов работы станка

4. Кнопка **аварийный останов** (кнопка-грибок красного цвета) (рис. 2.12), которая отключает управляющее напряжение со станка. Для подготовки повторного включения станка после аварийного отключения необходимо повернуть кнопку до щелчка в направлении, указанном на кнопке.



Рис. 2.12. Кнопка **аварийный останов**

5. Переключатель-корректор подачи **F** (рис. 2.13), который в режиме **управление станком** позволяет изменять величину рабочей подачи в процентах от запрограммированного значения. Данный переключатель не действует при нарезании резьбы.

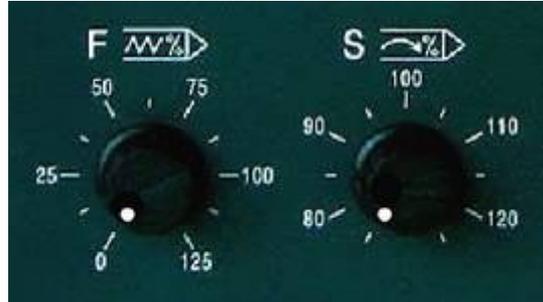


Рис. 2.13. Переключатели-корректоры подачи и скорости вращения шпинделя

6. Переключатель-корректор скорости вращения шпинделя **S** (рис. 2.13), который в режиме **управление станком** позволяет изменять скорость вращения шпинделя в процентах от запрограммированного значения.

7). Функциональные клавиши **F1 – F7**, «**+X**», «**-X**», «**+Z**», «**-Z**», .

Клавиши «**+X**», «**-X**», «**+Z**», «**-Z**» (рис. 2.14) предназначены для активизации перемещения по определенной координате в режимах **MANU**, **MANJ**, **HOME**. Клавиша  при её удерживании устанавливает максимальную скорость ручных перемещений.

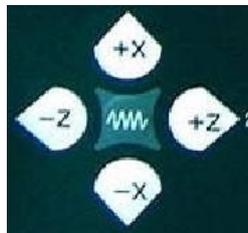


Рис. 2.14. Функциональные клавиши для активизации ручных перемещений

2.2.4. Подготовка комплекса «станок с ЧПУ» к выполнению управляющей программы

Для включения комплекса «станок с ЧПУ» необходимо выполнить следующие действия:

- 1) повернуть основной выключатель электрического шкафа до позиции «включено»;
- 2) повернуть ключ в замке сетевого выключателя в позицию «ON», при этом будет подано напряжение в УЧПУ;
- 3) дождаться появления на экране видеостраницы #1;
- 4) нажать кнопку **включение станка** (большая зеленая кнопка слева от модуля дисплея), что сопровождается характерным звуком импульса смазки.

После полного включения комплекса станок – УЧПУ необходимо совместить базовую точку F рабочего органа (суппорт с резцедержателем) с фиксированной точкой станка R (рис. 2.15). Вывод рабочего органа в фиксированную точку служит для точного определения положения рабочего органа относительно нуля станка M. Положение фиксированной точки $R(x_{MR}, z_{MR})$ вдоль осей X и Z задается концевыми выключателями.

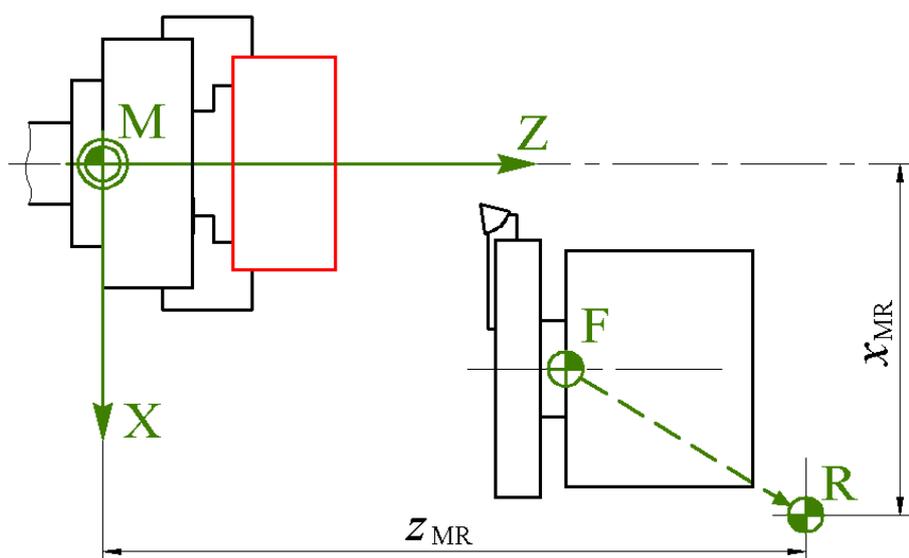


Рис. 2.15. Вывод рабочего органа в фиксированную точку станка (вид на станок сверху)

Для установки рабочего органа, несущего инструмент, в фиксированную точку станка необходимо выполнить следующие действия:

- 1) установить видеостраницу #1 в режиме управление станком;
- 2) установить режим работы **НОМЕ** переключателем режимов работы станка;
- 3) последовательными нажатиями функциональных клавиш \downarrow и \rightarrow вывести рабочий орган в фиксированную точку станка.

После выполнения указанных действий, базовая точка рабочего органа будет совмещена с фиксированной точкой станка.

2.2.5. Определение положения нуля детали относительно нуля станка и настройка режущих инструментов

Прежде чем начать обработку заготовки необходимо определить положение нуля детали (программы) относительно нуля станка. Ноль детали при обработке на токарном станке с ЧПУ обычно располагают на пересечении оси вращения шпинделя и правого чистового торца детали (рис. 2.16). Поскольку линейные размеры детали обычно привязаны к торцу, то при таком расположении нуля программирование значительно упрощается.

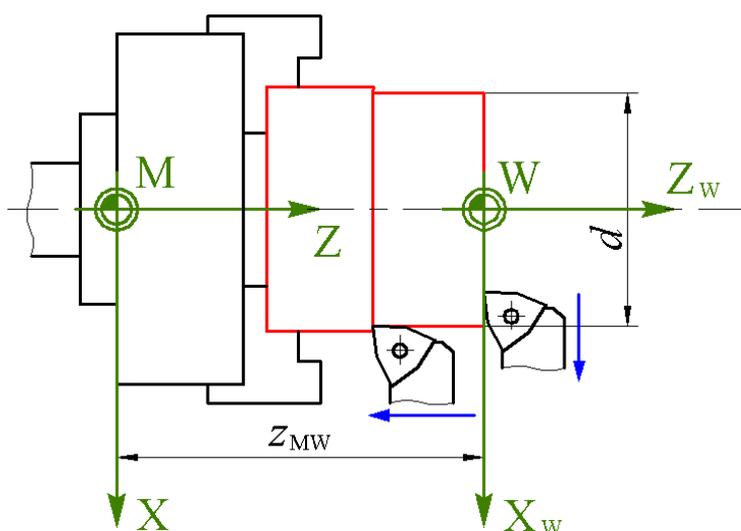


Рис. 2.16. Определение положения нуля детали (программы)

Для определения положения нуля детали необходимо выполнить следующие действия:

1) вызвать функцией T нужный инструмент (например, упорно-проходной резец);

2) включить электронный штурвал командой $VOL = 1$;

3) в режиме ручного ввода кадра **MDI** включить шпиндель на заданную скорость главного движения (например, кадром $S500 M04$ и нажать **Enter**);

4) в режиме ручного управления **MANU** с помощью электронного штурвала подвести инструмент к торцу детали до соприкосновения с ним (рис. 2.2) и подрезать торец, отведя инструмент от обрабатываемой поверхности вдоль оси X ;

5) в режиме **MDI** с помощью команды определения положения начальной точки ORA задать положение начальной точки оси Z кадром вида ($ORA, 0, Z0$);

6) с помощью электронного штурвала вывести инструмент вдоль оси X детали на расстояние, обеспечивающее снятие небольшого припуска при движении инструмента вдоль оси Z , произвести наружное обтачивание заготовки на длине, достаточной для измерения наружного диаметра (рис. 2.16) и отвести инструмент вдоль оси Z ;

7) остановить шпиндель и измерить штангенциркулем диаметр d проточенной поверхности;

8) ввести полученное значение d в качестве координаты начальной точки оси X с помощью кадра вида ($ORA, 0, X-d$).

2.2.6. Испытание управляющей программы при использовании графической видеостраницы

Перед выполнением управляющей программы требуется провести ее испытание на графической видеостранице #6 при блокировке привода. Данная операция позволит построить на экране траектории инструментов без проведения обработки и визуально определить допущенные в программе ошибки (рис. 2.17).

Для испытания УП при использовании графической видеостраницы #6 необходимо выполнить следующие действия:

1) ввести код $UAS=1$ (блокировка осей), который блокирует привод;

- 2) выбрать УП для испытания: *SPG*, *PROG1*, нажать клавишу **Enter**;
- 3) нажать клавишу **F2** («Видеостраница») для перехода к графической видеостранице #6;
- 4) установить формат графического поля при помощи кода: *UCG,1,X...X...,Y...Y...,Z...* и нажать клавишу **Enter**;
- 5) переключателем режимов работы станка выбрать режим **AUTO**;
- 6) нажать кнопку **Пуск**.

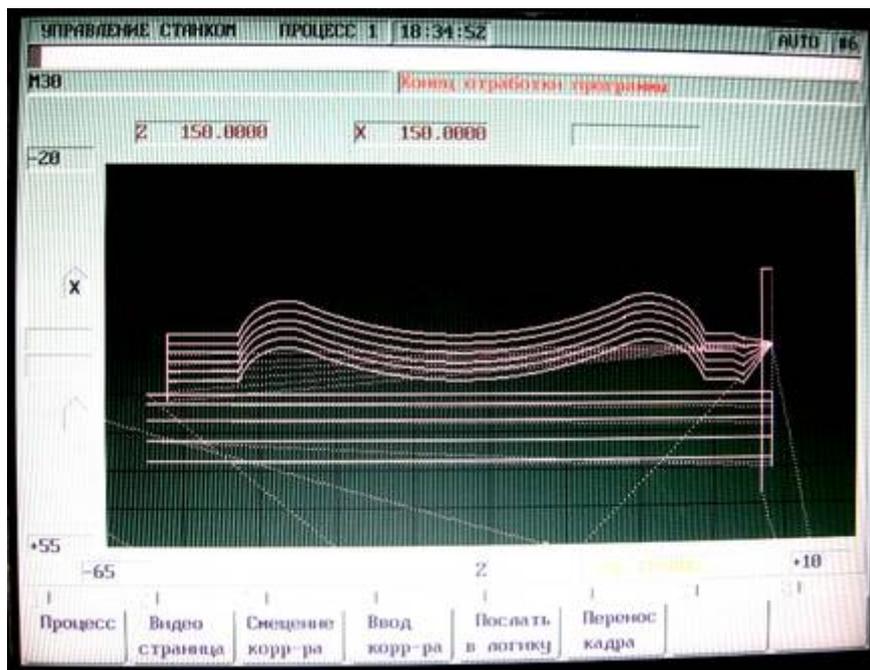


Рис. 2.17. Графическая видеостраница #6

Замечание.

При отображении на экране наблюдается смещение траекторий инструментов от их фактических траекторий на величину, равную разнице в вылетах относительно нулевого инструмента.

2.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данная лабораторная работа предполагает выполнение следующих этапов:

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.

2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
3. Включить комплекс «станок с ЧПУ».
4. Вывести рабочий орган (суппорт с резцедержателем) в фиксированную точку станка
5. Определить положение нуля детали относительно нуля станка.
6. Произвести настройку необходимых режущих инструментов относительно нулевого инструмента.
6. Выполнить любую управляющую программу из программ, хранящихся в памяти УЧПУ.
7. Сделать выводы по работе.
8. Оформить и защитить отчет.

2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких режимах производится вывод информации на дисплей пульта оператора и как производится переход из одного режима в другой?
2. Какие режимы работы станка можно задать с помощью переключателя режимов?
3. Какова последовательность действий при включении комплекса «станок с ЧПУ»?
4. Какие действия необходимо выполнить для вывода рабочего органа, несущего инструмент, в фиксированную точку станка?
5. С помощью каких действий можно задать положение нуля детали на пересечении оси вращения шпинделя и правого торца заготовки?
6. Как можно осуществить настройку режущих инструментов путем привязки каждого из них к нулю детали?
7. Каким образом можно загрузить требуемую управляющую программу в оперативную память устройства ЧПУ?
8. Как можно произвести испытание управляющей программы с помощью графической видеостраницы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. КОДИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – приобрести умение кодировать управляющую информацию с помощью буквенно-цифрового кода ISO-7 bit при обработке детали на станке с ЧПУ

3.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

3.2.1. Структура управляющей программы

Основным понятием при изучении программирования станков с ЧПУ является понятие управляющей программы.

Управляющая программа (УП) – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка.

Основным языком программирования для большинства современных станков с ЧПУ является буквенно-цифровой код ISO-7bit, общие принципы которого изложены в стандартах ISO-6973 и DIN-66025.

УП в коде ISO можно разделить на кадры, которые в свою очередь состоят из слов.

Кадр управляющей программы – составная часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

Как правило, кадр содержит геометрическую и технологическую информацию, необходимую для движения инструмента между соседними опорными точками.

Слово управляющей программы – составная часть кадра УП, содержащая основные данные о каком-либо параметре процесса обработки или другие данные по выполнению управления.

Слова УП состоят из букв, называемых **адресами**, а также из целых или дробных чисел, называемых **содержанием** (например, G91, A+30, X–120.5).

Как правило, слово УП определяет работу отдельных исполнительных органов (движение подачи, главное движение работа устройств автоматической смены инструмента).

Дробные числа записывают с десятичной точкой, причем незначащие нули целой и дробной части слова пропускают. Например, вместо $X010.500$ можно записать $X10.5$. Слова, описывающие перемещения могут иметь знак (+ или -). При отсутствии знака перемещение считается положительным.

Большинство слов являются *модальными*, то есть они остаются в силе на протяжении нескольких кадров, пока значение слова не изменится или пока функция, представленная словом, не будет выключена. Слова, которые действуют в одном кадре немодальны.

В любой УП можно выделить составные части, которые записываются в определенной последовательности, образуя структуру УП (рис. 3.1). В структуре УП можно выделить такие составные части, как служебная информация, начало программы, основная часть, конец программы.

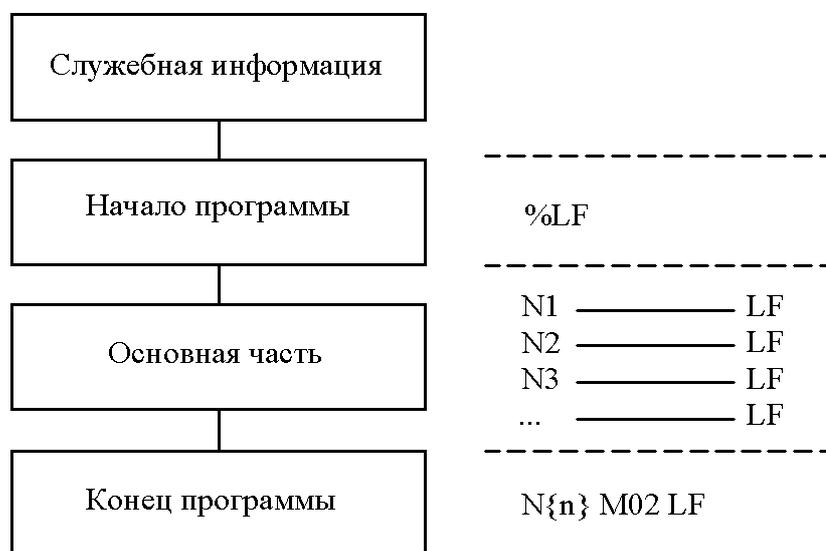


Рис. 3.1. Структура управляющей программы

Начало программы, состоит из символа % (начало программы) и символа LF или $ПС$ (конец кадра), т. е. $\%LF$. При использовании нескольких УП в памяти устройства ЧПУ между симво-

лами % и LF добавляют трехзначный номер УП (например, %012LF).

Любая информация, записанная до символа %, не воспринимается устройством ЧПУ в качестве УП, но может отображаться на экране дисплея. В качестве такой информации часто записывают служебную информацию оператору или наладчику станка (общая характеристика программы, примечания по наладке станка и т. п.).

Основная часть УП представляет собой последовательность кадров, пронумерованных в порядке выполнения действий по обработке заготовки на станке с ЧПУ.

УП должна заканчиваться кадром с командой «конец программы» M02 или «конец информации» M30.

3.2.2. Подготовительные и вспомогательные функции

Подготовительные функции (G-функции или G-коды) предназначены для задания режима работы системы ЧПУ и кодируются адресом G с номером функции.

Подготовительные функции по назначению разделяют на группы. В кадре УП не могут быть заданы две и более подготовительных функции, принадлежащих одной группе. Состав групп для определенной системы ЧПУ необходимо смотреть в инструкции по ее программированию.

Можно выделить следующие типовые группы подготовительных функций:

- 1) G00...G03, G33 – команды, задающие быстрые и рабочие перемещения, нарезание резьбы;
- 2) G17, G18, G19 – команды, определяющие выбор плоскостей интерполяции;
- 3) G40, G41, G42 – команды коррекции размеров режущих инструментов;
- 4) G80...G89 – стандартные технологические циклы обработки отверстий;
- 5) G90, G91 – команды, задающие способ отсчета размерных перемещений;
- 6) G94, G95 – команды, задающие единицы измерения скорости подачи;

7) *G96, G97* – команды, задающие единицы измерения скорости главного движения.

Подготовительные функции, которые могут быть записаны в одном кадре УП, называются *конгруэнтными*.

Некоторые подготовительные функции являются стандартными (их значения регламентируются стандартами, например, ГОСТ 20999 – 83) и для большинства систем ЧПУ имеет одинаковые значения. Другая часть относится к резервным функциям, значения которых задаются разработчиками конкретной системы ЧПУ.

Значения основных подготовительных функций, представлены в табл. П.3.

Функции *G04* (выдержка времени в конце кадра), *G09* (замедление в конце кадра), *G92* (установка абсолютных накопителей положения) и некоторые другие действуют только в том кадре, в котором они записаны. Все остальные *G*-функции, один раз записанные, действуют постоянно до ввода следующей функции, принадлежащей к данной группе.

Вспомогательные функции (*M*-функции или *M*-коды) предназначены для задания команд, обеспечивающих управление средствами цикловой автоматики станка, и кодируются адресом *M* с номером функции.

Значения основных вспомогательных функций представлены в таблице П.4.

Отдельно стоит остановиться на функциях управления вращением шпинделя *M03, M04, M05*.

Функции *M03, M04* задают вращение шпинделя соответственно по ходу часовой стрелки и против часовой стрелки, то есть включают вращение шпинделя в требуемом направлении. Фактическое направление вращения шпинделя следует смотреть с той стороны, в которую направлена ось *Z* (рис. 3.2).

Перед использованием функции *M03* или *M04* необходимо задать скорость вращения шпинделя (в об/мин или м/мин) с помощью функции главного движения *S*.

Выключение вращения шпинделя осуществляется функцией *M05*. При этом также может отключаться охлаждение.

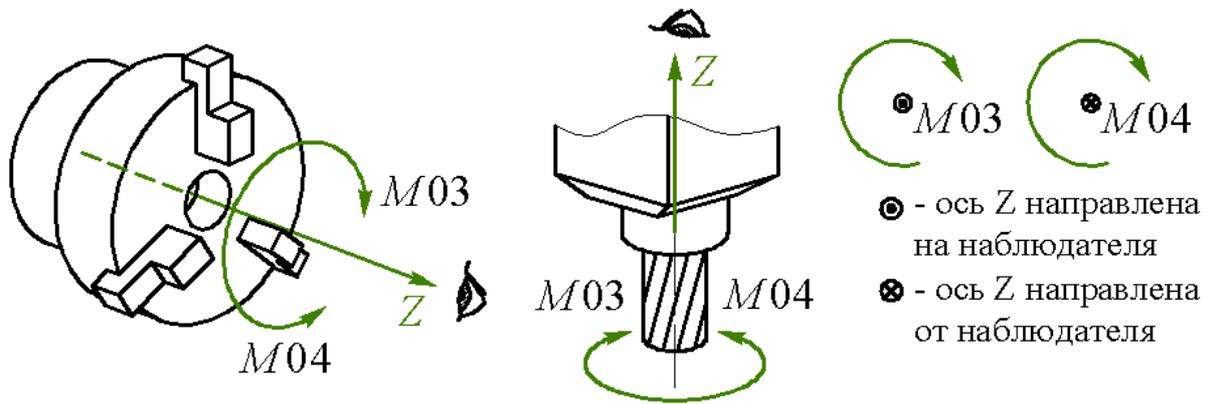


Рис. 3.2. Определение направления вращения шпинделя при использовании функций $M03$ и $M04$

3.2.3. Кодирование размерных перемещений

Слова «Размерные перемещения» предназначены для задания геометрической информации и записываются в кадре с использованием следующих адресов:

X, Y, Z (U, V, W или P, Q, R) – поступательные движения соответственно первого, второго и третьего рабочих органов вдоль одноименных осей стандартной системы координат станка с ЧПУ;

A, B, C – вращательные движения рабочих органов, несущих инструмент, соответственно вокруг осей X, Y, Z .

Содержание слов размерные перемещения соответствует либо координатам опорных точек относительно выбранной нулевой точки (при использовании $G90$ – абсолютные размеры), либо приращениям координат этих точек (при использовании $G91$ – размеры в приращениях).

Выделяют следующие основные виды размерных перемещений:

1. **Быстрое позиционирование** (перемещение в заданную точку с максимальной скоростью), задаваемое функцией $G00$ и имеющее следующий формат кадра:

$N... G00 X... Y... Z... LF$

Примеры записи кадров, в которых задано быстрое позиционирование в абсолютных размерах и приращениях, приведены на рис. 3.3.

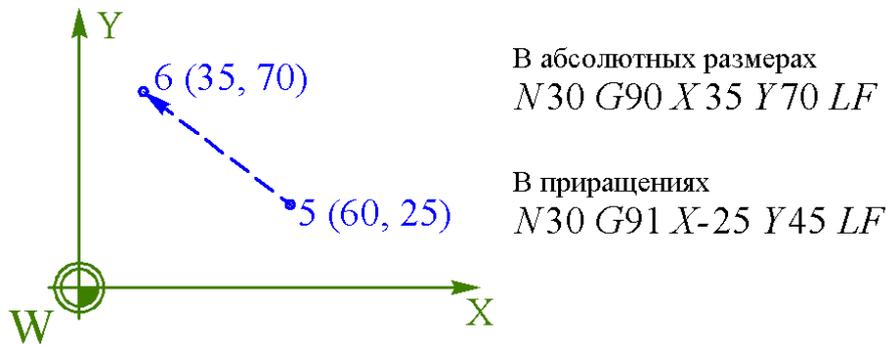


Рис. 3.3. Пример записи быстрого позиционирования в кадре УП

2. **Линейная интерполяция** (перемещение в заданную точку по прямой на рабочей подаче), кодируемая функцией *G01*. При данном виде размерного перемещения осуществляется обработка и должна быть указана скорость подачи.

Формат кадра при задании линейной интерполяции имеет следующий вид:

N... G01 ... X... Y... Z... F... LF

3. **Круговая интерполяция** (перемещение в заданную точку по дуге окружности на рабочей подаче), задаваемая функциями *G02* и *G03* (обход дуги окружности соответственно по часовой и против часовой стрелки).

Для кодирования круговой интерполяции в кадре должны быть указаны следующие данные:

А. Плоскость интерполяции, задаваемая функциями *G17*, *G18*, *G19*, которые соответствуют координатным плоскостям *XY*, *XZ*, *YZ* (рис. 3.4).

Для ряда станков с ЧПУ (например, токарных) плоскость интерполяции задана по умолчанию и в кадре УП не записывается.

Б. Координаты конечной точки интерполяции в абсолютных размерах или в приращениях.

В. Положение центра окружности, который задается параметрами *I*, *J* (для плоскости *XY*), *I*, *K* (для плоскости *XZ*), *J*, *K* (для плоскости *YZ*).

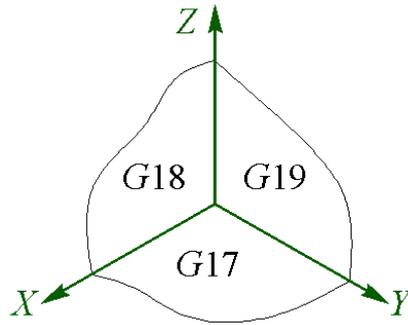


Рис. 3.4. Плоскости интерполяции и соответствующие им подготовительные функции

Параметры I , J , K можно рассматривать как координаты центра кривизны дуги относительно ее начальной точки соответственно вдоль осей X , Y , Z (рис. 3.5).

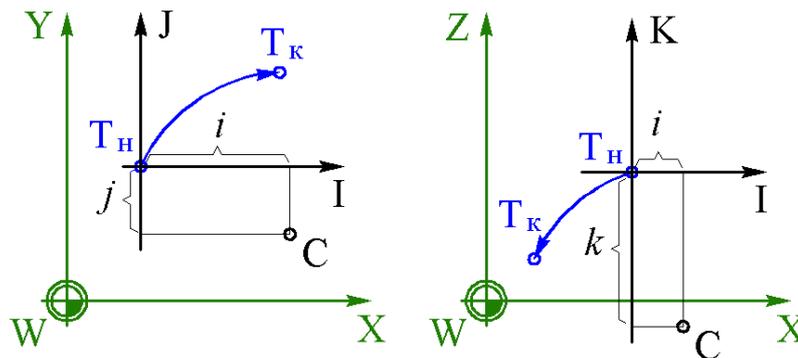


Рис. 3.5. Нахождение значений параметров I , J , K при круговой интерполяции

Формат кадров для круговой интерполяции в общем случае имеет вид:

N... G02 (G03) G17 ... X... Y... I... J... LF

N... G02 (G03) G18 ... X... Z... I... K... LF

N... G02 (G03) G19 ... Y... Z... J... K... LF

Пример записи кадра, в котором задана круговая интерполяция, приведен на рис. 3.6.

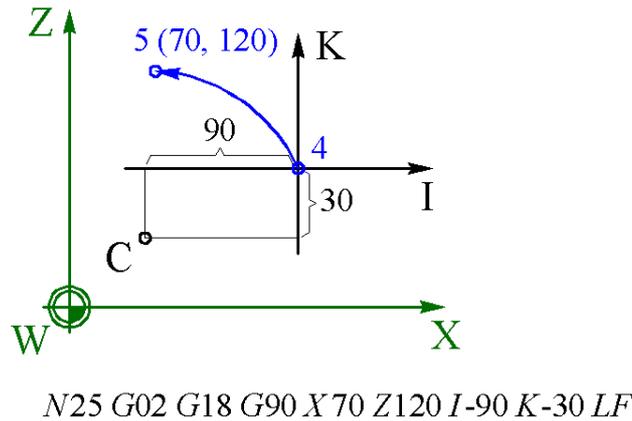


Рис. 3.6. Пример записи круговой интерполяции в кадре УП

3.2.4. Программирование смены и коррекции инструмента на вылет

Для указания действий, относящихся к определенному инструменту, используется слово «функция инструмента», кодируемое адресом T. В качестве таких действий выступают смена инструмента и коррекция размеров инструмента.

Содержание слова «функция инструмента» может быть задано двузначным или четырехзначным целым числом. В первом случае содержание соответствует только номеру инструмента (при наличии кодирующего элемента на инструментальном блоке) или номеру его позиции в устройстве автоматической смены инструментов. Во втором случае первые две цифры соответствуют номеру инструмента, а вторые две – номеру корректора (группы коррекций) этого инструмента.

Способ программирования смены инструмента в сильной степени зависит от модели станка и устройства ЧПУ. Поэтому для правильного задания смены инструмента следует смотреть инструкцию по программированию конкретного станка с ЧПУ.

На практике наибольшее распространение получили два способа программирования смены инструмента, определяемые конструкцией устройства автоматической смены инструмента:

1) смена инструмента путем поворота револьверной головки, задаваемая одним кадром с номером нового инструмента:

N... T... LF

2) смена инструмента из инструментального магазина, задаваемая обычно двумя кадрами:

N... T... LF

N... M06 LF

Коррекция на вылет инструмента заключается в автоматическом пересчете координат центра инструмента в соответствии с его вылетом при смене одного инструмента на другой.

Под вылетом инструмента понимается расстояние от центра инструмента до нуля этого инструмента вдоль определенной координатной оси.

Коррекция инструмента на вылет, производимая сразу после смены инструмента, характеризуется сдвигом исходной точки (нуля программы) из центра старого инструмента в центр нового.

3.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данная лабораторная работа предполагает выполнение следующих этапов:

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
3. На основе расчетно-технологической карты обработки заданной детали определить координаты опорных точек траектории инструмента.
4. Используя полученные значения координат опорных точек и возможности кода ISO-7bit, составить текст управляющей программы для обработки заданной детали. Программа должен быть снабжена комментариями к кадрам.
5. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

3.4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

В качестве вариантов заданий для выполнения данной лабораторной работы предлагаются расчетно-технологические карты (рис. 3.1–3.5), в соответствии с которыми должны двигаться инструменты при контурной обработке заданных деталей.

Требуется определить координаты опорных точек, исходя из размеров обрабатываемых деталей (табл. 3.1–3.5), и написать текст управляющей программы в коде ISO-7bit с комментариями.

Радиус фрезы принять равным наименьшему радиусу элемента контура детали, который эта фреза обрабатывает. Радиус скругления при вершине токарного контурного резца принять равным нулю.

Обработка должна быть произведена с использованием охлаждения при постоянных скорости подачи и главного движения, которые выбрать из следующих диапазонов:

- скорость подачи $200 \div 300$ мм/мин;
- скорость главного движения $400 \div 600$ об/мин

Коррекция инструментов (№2 и 3) на вылет задана относительно инструмента №1 (нулевой инструмент).

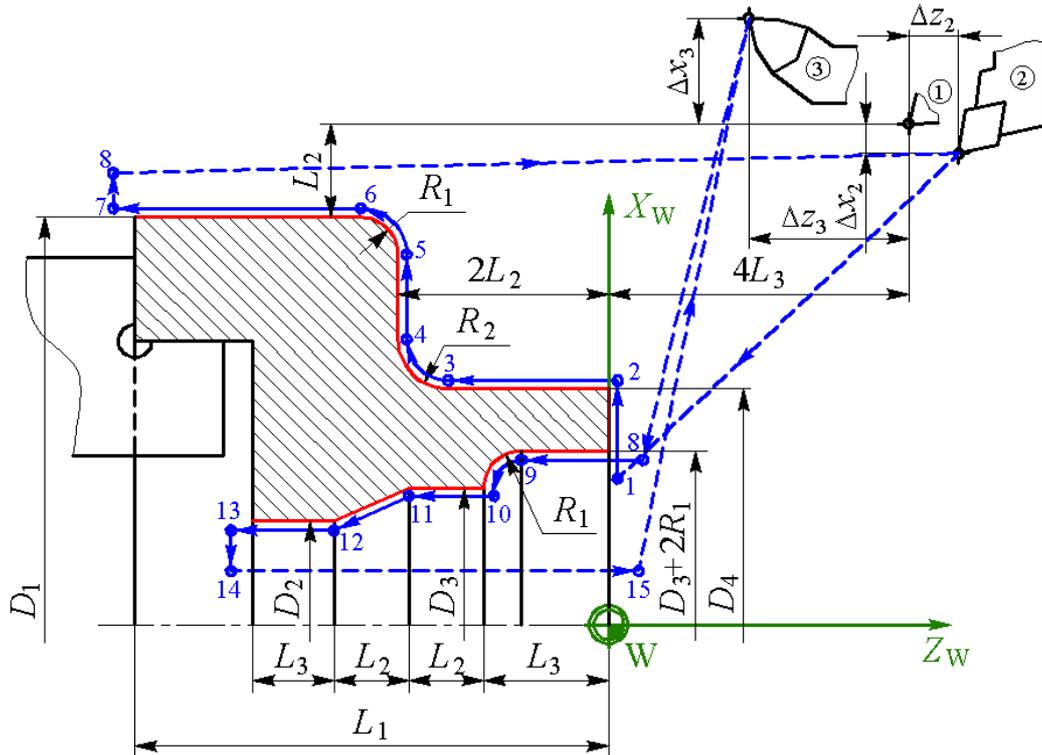


Рис. 3.1. Расчетно-технологическая карта обработки детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 3.1
Размеры обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Размер, мм	Вариант				
	1	6	11	16	21
L_1	70	84	98	77	63
L_2	12	14,5	16,5	13,5	10,5
L_3	15	18	21	16,5	13,5
D_1	120	144	168	132	108
D_2	28	33,5	39,5	30,5	25,5
D_3	44	53	61,5	48,5	39,5
D_4	80	96	112	88	72
R_1	4	4,5	5,5	4,5	3,5
R_2	8	9,5	11,2	8,5	7,5
Δx_2	3	5	4	3	5
Δz_2	4	2	5	2	3
Δx_3	36	32	34	35	35
Δz_3	42	40	48	44	38

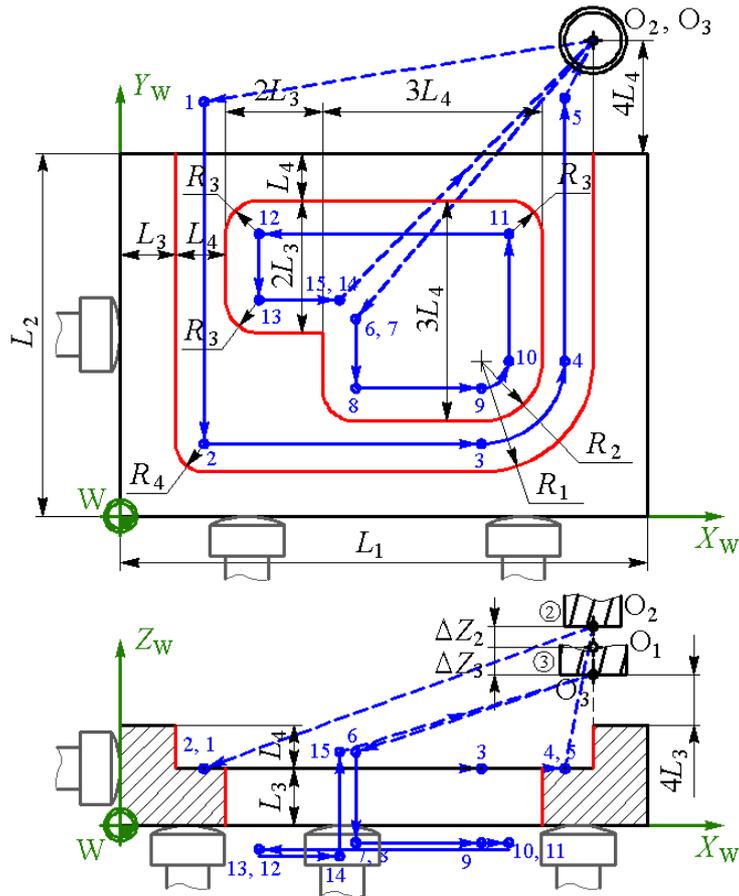


Рис. 3.2. Расчетно-технологическая карта обработки детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Таблица 3.2
Размеры обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Размер, мм	Вариант				
	2	7	12	17	22
L_1	110	132	154	121	99
L_2	94	112,5	131,5	103,5	84,5
L_3	10	12	14	11	9
L_4	14	16,5	19,5	15,5	12,5
R_1	25	30	35	27,5	22,5
R_2	11	13,5	15,5	12	9,9
R_3	8	9,5	11,5	8,5	7,5
R_4	6	7,5	8,5	6,5	5,5
Δz_2	10	12	16	8	13
Δz_3	2	5	6	2	4

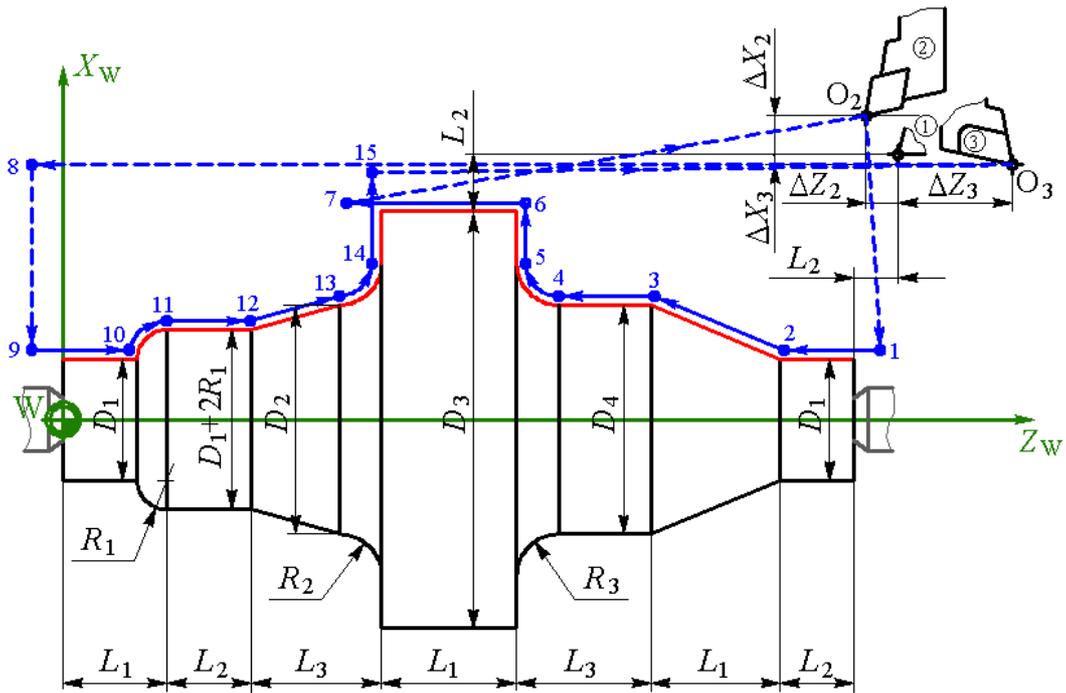


Рис. 3.3. Расчетно-технологическая карта обработки детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Таблица 3.3

Размеры обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Размер, мм	Вариант				
	3	8	13	18	23
L_1	15	13,5	16,5	18	21
L_2	10	9	11	12	14
L_3	16	14,5	17,5	19,5	22,5
D_1	20	18	22	24	28
D_2	32	28,5	35,5	38,5	44,5
D_3	60	54	66	72	84
R_1	3	2,5	3,5	3,5	4
R_2	5	4,5	5,5	6	7
R_3	8	7,5	8,5	9,5	11
Δx_2	3	5	4	3	5
Δz_2	4	2	5	2	3
Δx_3	2	4	3	4	3
Δz_3	20	24	18	25	22

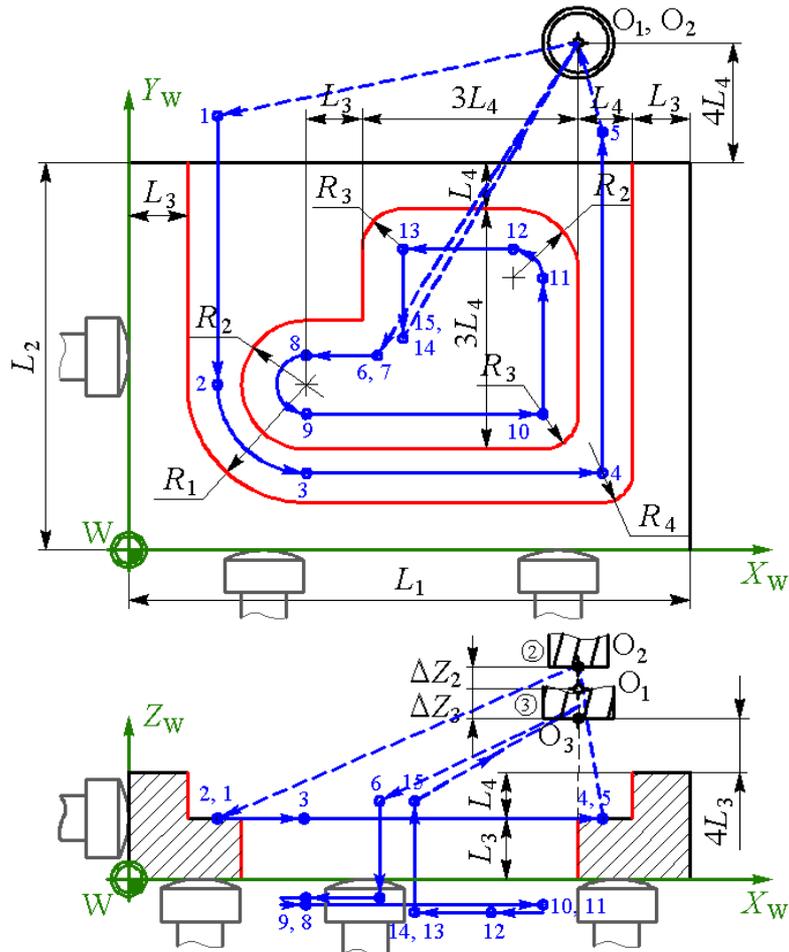


Рис. 3.4. Расчетно-технологическая карта обработки детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Таблица 3.4
Размеры обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Размер, мм	Вариант				
	4	9	14	19	24
L_1	83	99,5	116	74,5	91,5
L_2	60	72	84	54	66
L_3	8	9,5	11,5	7,5	8,5
L_4	10	12	14	9	11
R_1	19	22,5	26,5	17	21
R_2	7	8,5	10	6,5	7,5
R_3	4	4,5	5,5	3,5	4,5
R_4	6	7,5	8,5	5,5	6,5
Δz_2	20	22	26	18	23
Δz_3					

3.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое управляющая программа, из каких основных частей она состоит?
2. Что понимают под кадром управляющей программы, какого рода информацию он содержит?
3. Каков формат кадра управляющей программы в общем случае?
4. Что такое слово управляющей программы, из каких символов оно состоит?
5. Каково назначение подготовительных функций и как они записываются в коде ISO?
6. Для чего нужны вспомогательные функции и как они записываются в коде ISO?
7. Какими функциями осуществляется включение вращения шпинделя и как производится выбор этих функций в зависимости от направления вращения?
8. Какими адресами кодируются скорость главного движения и скорость подачи и как в программе задаются единицы их измерения?
9. Что такое линейная интерполяция и каков ее формат кадра?
10. Что называют круговой интерполяцией и каков ее формат кадра?
11. Что представляют собой значения параметров I , J , K при задании круговой интерполяции?
12. Для чего необходима коррекция инструмента на вылет и в чем она заключается?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ 16К20Ф3 С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ NC-201

4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – приобрести умение составлять управляющие программы для токарных станков с ЧПУ на примере станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ NC-201

4.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

4.2.1. Основные особенности программирования токарных станков с ЧПУ

Размерные перемещения у токарных станков с ЧПУ кодируют с адресами X (радиальное) и Z (продольное). В большинстве устройств ЧПУ с адресом X в абсолютных размерах указывается диаметральный размер, а в приращениях – радиальное смещение. Кроме того, размеры в приращениях могут кодироваться с адресами U (вдоль оси X) и W (вдоль оси Z) без указания функции G91.

По технологическому признаку геометрические элементы контура детали разделяют на основные и дополнительные.

Основные элементы контура детали – образующие поверхностей этой детали, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане $\phi = 95^\circ$ и вспомогательным углом в плане $\phi_1 = 30^\circ$. Для наружных и торцевых поверхностей такой резец принадлежит к числу проходных, для внутренних – к числу расточных. К основным элементам относятся главным образом цилиндрические, конические и фасонные поверхности вращения, а также плоскости торцов и уступов.

Дополнительные элементы контура детали – образующие поверхностей этой детали, формообразование которых не может быть выполнено указанным резцом для обработки основных элементов. К дополнительным элементам относятся торцевые и угловые канавки для выхода шлифовального круга, канав-

ки на наружных и внутренних поверхностях, резьбовые поверхности.

При разработке операционной технологии рассмотрению также подлежит контур заготовки, который в условиях мелко- и среднесерийного производства обычно представляет собой прямоугольник (заготовка – резанный прокат). При диаметрах заготовок 50 мм и выше применяют штучные заготовки на одну деталь. Для деталей, максимальный диаметр которых меньше 50 мм, можно использовать одну заготовку на несколько деталей. Заготовки деталей, обрабатываемых в центрах, должны быть зацентрированы с двух сторон, а один из торцов подрезан.

В условиях крупносерийного и массового производства заготовки, как правило, являются фасонными (штамповки, поковки, литье). Контур таких заготовок является похожим на контур детали и состоит из отрезков прямых и дуг окружностей.

Между контурами детали и заготовки располагается тот материал (припуск), который должен быть удален в процессе обработки на токарном станке с ЧПУ. В этом удаляемом материале можно выделить черновую и чистовую области обработки.

Область черновой обработки (область выборки объемов материала) представляет собой слой материала, расположенный между контуром заготовки и черновым контуром детали (рис. 2.1).

Черновым контуром детали называют контур, который должен быть получен перед осуществлением чистовой обработки за счет удаления объемов материала над основными элементами и обработки дополнительных элементов.

Областью чистовой обработки является слой материала, в процессе удаления которого должна быть обеспечена требуемая точность размеров, формы и относительного расположения поверхностей детали. Данная область обработки располагается между черновым и чистовым контурами детали (рис. 4.1).

Чистовым контуром детали называется контур, который должен быть получен по окончанию токарной операции. Этот контур может не совпадать с контуром детали, если после токарной операции предусмотрены другие операции обработки.

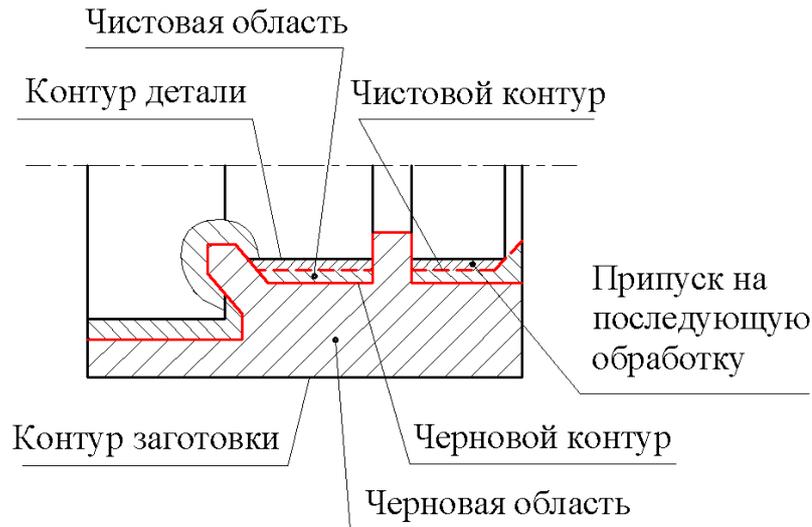


Рис. 4.1. Контур детали и области токарной обработки

Поскольку черновая обработка обычно осуществляется за несколько переходов, то область черновой обработки разбивают на зоны обработки, соответствующие одному технологическому переходу. В зависимости от конфигурации чернового контура детали выделяют следующие зоны обработки:

- 1) открытые зоны (ограничены черновым контуром с одной стороны) (рис. 4.2, *а*);
- 2) полуоткрытые зоны (ограничены черновым контуром с двух сторон) (рис. 4.2, *б*);
- 3) закрытые зоны (ограничены черновым контуром с трех сторон) (рис. 4.2, *в*).

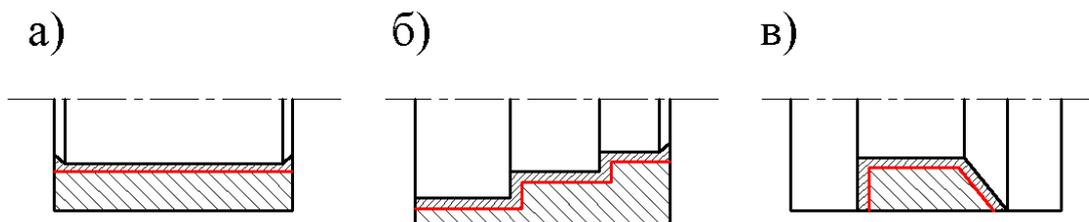


Рис. 4.2. Зоны токарной обработки:
а) открытая; *б*) полуоткрытая; *в*) закрытая

4.2.2. Программирование профиля и циклов токарной обработки

В системе NC-201 при токарной обработке задание круговой интерполяции имеет следующие особенности:

- положение центра C дуги окружности задается от нуля детали (рис. 4.3);
- координата центра C дуги вдоль оси Z определяется параметром I , а вдоль оси X – параметром J ;
- значение параметра J задается диаметральной размером.

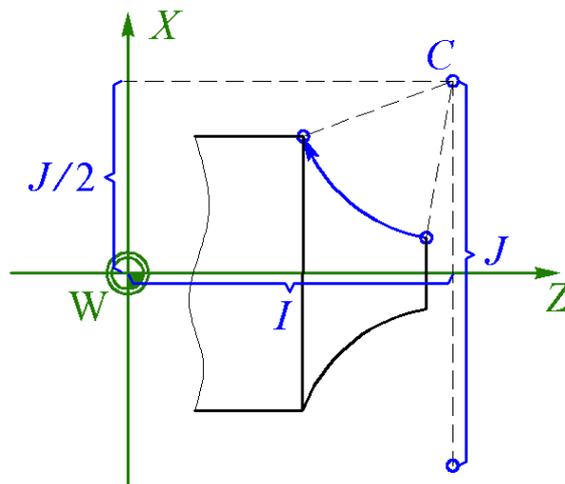


Рис. 4.3. Параметры круговой интерполяции в системе NC-201 (токарная обработка)

Коррекция на радиус режущей кромки инструмента вызывается функциями $G41$ и $G42$, выбор которых зависит от расположения инструмента относительно обрабатываемого контура. Функция $G41$ ($G42$) используется в том случае, когда инструмент расположен слева (справа) от обрабатываемого контура, если смотреть в направлении его движения (рис. 4.4).

При задании коррекции резца на радиус его режущей кромки необходимо учитывать положение его центра в плоскости. Для учета различных вариантов расположения центра инструмента в плоскости используются цифровые коды, примеры которых приведены на рис. 4.5.

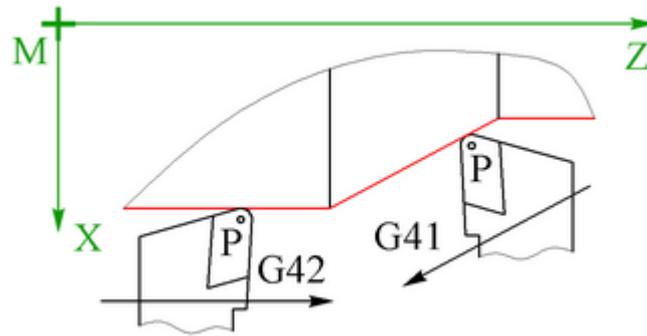


Рис. 4.4. Случаи использования функций G41 и G42 при токарной обработке

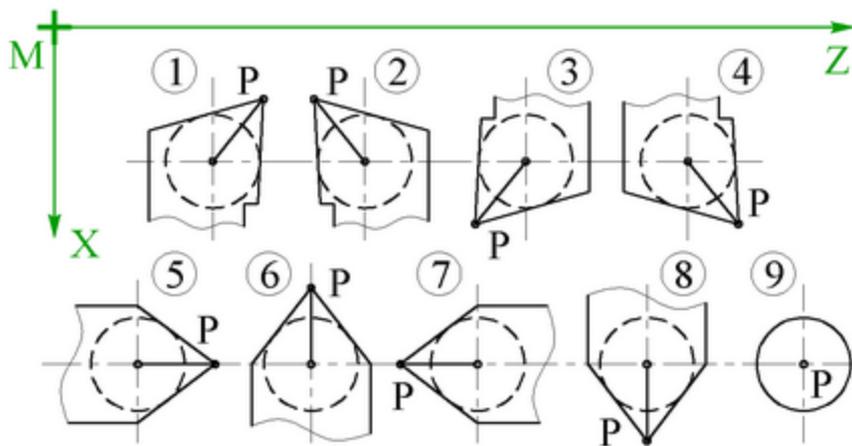


Рис. 4.5. Варианты положения центра инструмента в плоскости

В системе NC-201 существует возможность описать профиль детали и использовать это описание для реализации циклов многопроходной токарной обработки.

Определение профиля осуществляется с помощью трехбуквенного оператора *DFP*, который позволяет сохранить до 8 профилей. Внутри каждого профиля можно определить до 16 геометрических элементов траектории.

Запомненные профили могут вызываться из циклов черновой или чистовой токарной обработки (*SPA*, *SPF*, *SPP*, *CLP*).

При описании профиля следует соблюдать следующие правила:

1. Все кадры профиля должны содержать рабочие перемещения (*G1*, *G2*, *G3*). Быстрое позиционирование *G0* может быть задано только в первом кадре.

2. Функция подачи F может программироваться внутри профиля, но она будет активизирована только во время цикла чистовой обработки этого профиля.

3. Определение профиля DFP всегда должно заканчиваться оператором EPF и предшествовать соответствующему циклу обработки.

Чтобы запрограммировать черновую обработку параллельно оси X , используется следующий формат:

(SPA, X, n, L..., X..., Z...)

Чтобы запрограммировать черновую обработку параллельно оси Z , используется следующий формат:

(SPA, Z, n, L..., X..., Z...)

где • n – номер профиля, ранее запомненного с DFP (может изменяться от 1 до 8);

- X – радиальный припуск по оси X ;
- Z – радиальный припуск по оси Z ;
- L – число черновых проходов. Может изменяться от 1 до 255.

X и Z можно пропустить. Если они присутствуют, то всегда должны иметь положительную величину.

Для программирования черновой обработки, параллельной оси X с конечной обработкой вдоль профиля, используется следующий формат:

(SPF, X, n, L..., X..., Z...)

Для программирования черновой обработки параллельной оси Z , используется формат:

(SPF, Z, n, L..., X..., Z...)

4.2.3. Программирование нарезания резьбы с помощью резьбового резца

Проход для нарезания резьбы с помощью резьбового резца задается функцией $G33$. При этом устанавливается синхронность главного движения и движения подачи. Формат кадра, в котором

задается проход для нарезания резьбы, в общем случае имеет следующий вид:

N... G33 X... Z... K... I... R... LF

В приведенном кадре параметр K задает шаг резьбы, I – изменение шага резьбы, R – угол поворота шпинделя в градусах относительно нулевого положения шпинделя. При нарезании цилиндрической или конической резьбы с постоянным шагом в кадре достаточно указать лишь параметр K .

Для уменьшения динамической ошибки траектории при изменении направления движения инструмента с помощью функции $G09$ кодируют торможение в конце отработки кадра.

Цикл нарезания резьбы FIL позволяет программировать в одном кадре нарезание цилиндрической или конической резьбы за несколько проходов. Формат кадра при использовании трехбуквенного кода FIL имеет следующий вид:

N... (FIL, Z..., X..., K..., R..., T..., L..., P...) LF

где $Z...$, $X...$ – координаты конечной точки при нарезании резьбы;

$K...$ – шаг резьбы (знак определяет ось вдоль которой выполняется резьба: + вдоль оси Z , – вдоль оси X);

$R...$ – расстояние между инструментом и деталью (по умолчанию $r = 1$ мм);

$Txxxx$ – четырех цифровой код, определяющий тип нарезаемой резьбы (по умолчанию задан код $T0000$):

Цифра 1:

- 0 – нарезание с конечным пазом;
- 1 – нарезание без конечного паза.

Цифра 2:

- 0 – внешнее нарезание резьбы;
- 1 – внутреннее нарезание резьбы.

80

Цифра 3:

- 0 – метрическая резьба;
- 1 – дюймовая резьба.

$L...$ – число проходов для черновой $l_{\text{чер}}$ и чистовой обработки $l_{\text{чис}}$;

P... – число заходов резьбы (по умолчанию 1).

4.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данная лабораторная работа предполагает выполнение следующих этапов:

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
3. Составить текст управляющей программы для обработки заданной детали (рис. 4.6 и 4.7).
4. Включить комплекс «станок с ЧПУ».
5. Вывести рабочий орган в фиксированную точку станка и определить положение нуля детали относительно нуля станка.
6. Произвести настройку необходимых режущих инструментов относительно нулевого инструмента.
7. Ввести с пульта текст подготовленной управляющей программы.
8. Заблокировать оси и осуществить отладку управляющей программы. Произвести проверку правильности траектории инструментов с помощью графической видеостраницы.
9. Выполнить обработку по управляющей программе.
10. Выключить комплекс «станок с ЧПУ» и произвести уборку стружки.
11. Выполнить индивидуальный вариант задания в соответствии с эскизами деталей, показанными на рис. 4.8–4.12, и их размерами, приведенными в табл. 4.1–4.5.
12. Оформить и защитить отчет.

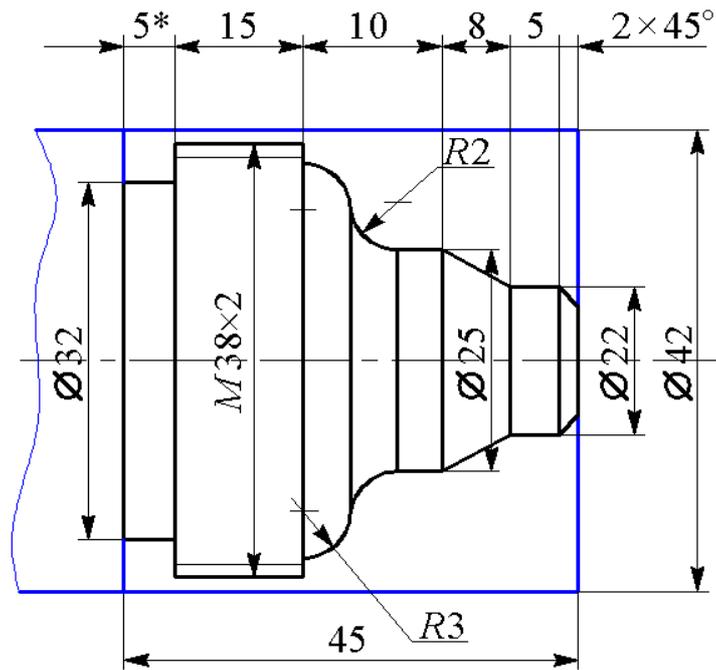


Рис. 4.6. Эскиз обрабатываемой детали для подгруппы 1

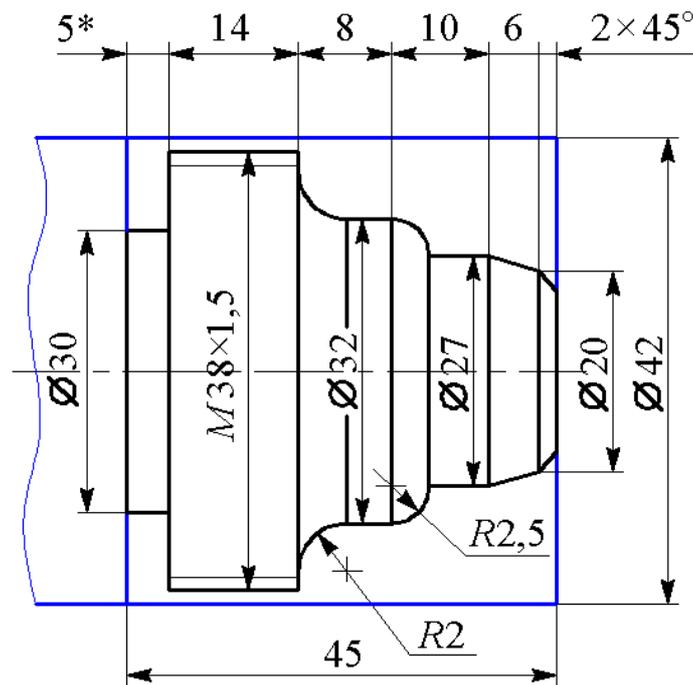


Рис. 4.7. Эскиз обрабатываемой детали для подгруппы 2

4.4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

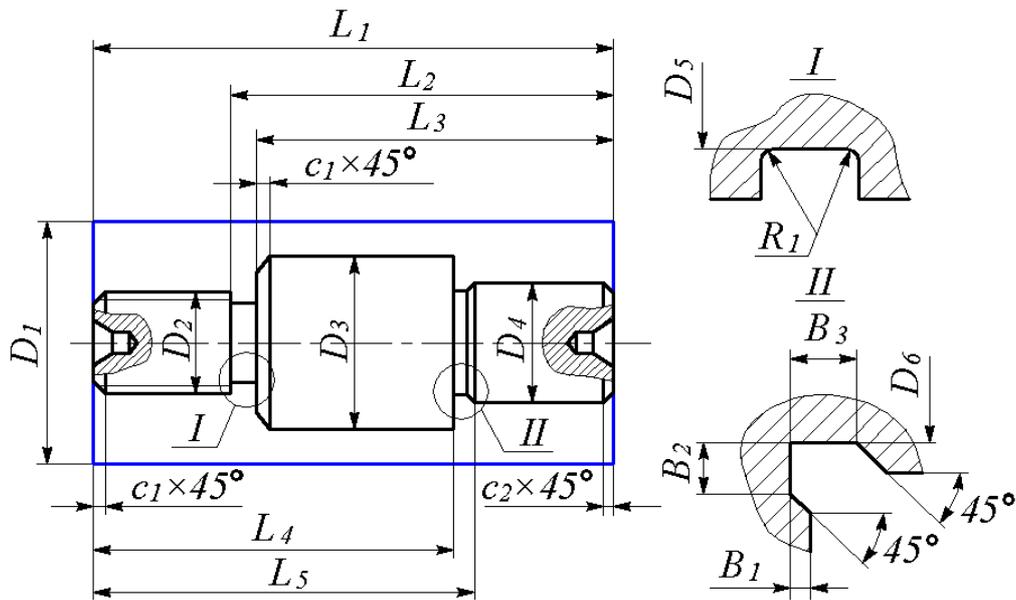


Рис. 4.8. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 4.1

Размеры детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Размер	Вариант				
	1	6	11	16	21
L_1	81	89,1	72,9	101,25	60,75
L_2	59	64,9	53,1	73,75	44,25
L_3	54	59,4	48,6	67,5	40,5
L_4	57	62,7	53,1	71,25	42,75
L_5	67	73,7	60,3	83,75	50,25
D_1	49	53,9	44,1	61,25	36,75
D_2	26	28,6	23,4	32,5	19,5
D_3	42	46,2	37,8	52,5	31,5
D_4	30	33	27	37,5	22,5
D_5	20	22	18	25	15
D_6	24	26,4	21,6	30	18
C_1	2,5	2,75	2,25	3,13	1,88
C_2	3	3,3	2,7	3,75	2,25
B_1	2	2,2	1,8	2,5	1,5
B_2	5	5,5	4,5	6,25	3,75
B_3	7	7,7	6,3	8,75	5,25
R_1	1	1,1	0,9	1,25	0,75

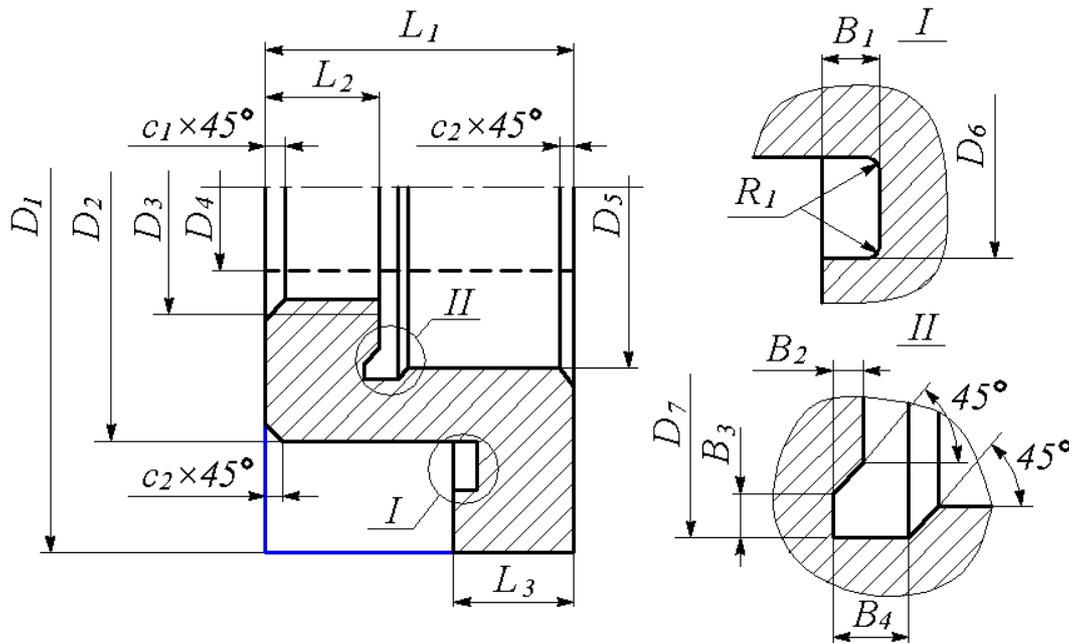


Рис. 4.9. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Таблица 4.2

Размеры детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Размер	Вариант				
	2	7	12	17	22
L_1	64	70,4	76,79	83,19	89,59
L_2	34	37,4	40,8	44,2	47,6
L_3	25	27,5	30	32,5	35
D_1	120	132	144	156	168
D_2	90	100	108	117	126
D_3	40	44	48	52	56
D_4	24	26,4	28,8	31,2	33,6
D_5	66	72,6	79,2	85,8	92,4
D_6	98	107,8	117,6	127,4	137,2
D_7	71	78	85,2	92,3	99,4
C_1	3	3,3	3,6	3,9	4,2
C_2	2,5	2,75	3	3,25	3,5
B_1	3	3,3	3,6	3,9	4,2
B_2	2,5	2,75	3	3,25	3,5
B_3	4	4,4	4,8	5,2	5,6
B_4	5	5,5	6	6,5	7
R_1	1	1,1	1,2	1,3	1,4

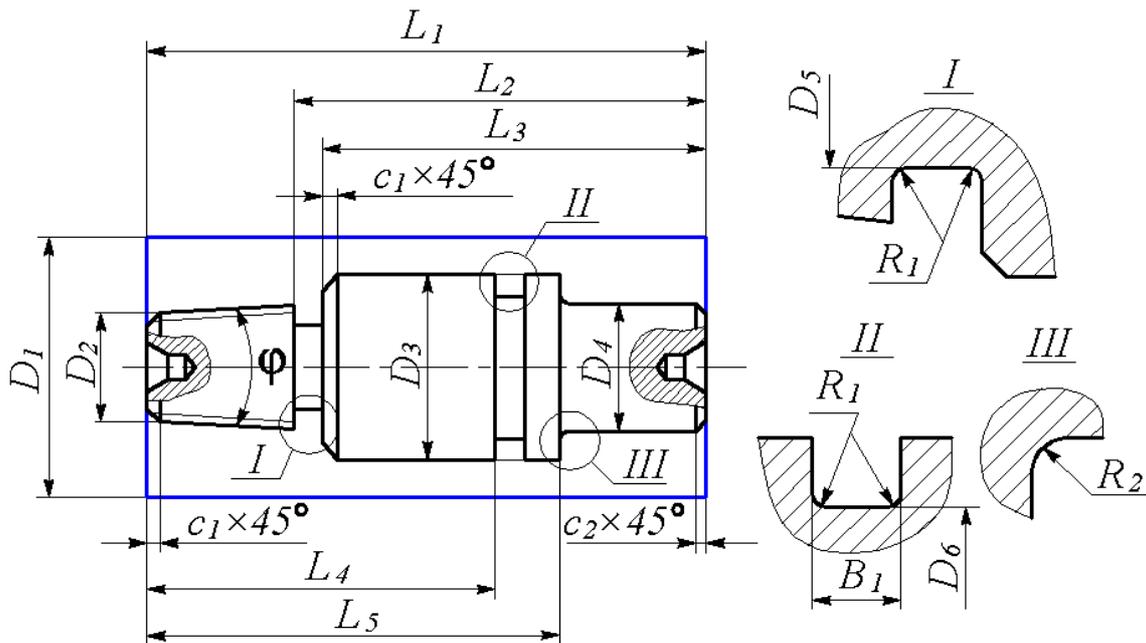


Рис. 4.10. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Таблица 4.3

Размеры детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Размер	Вариант				
	3	8	13	18	23
L_1	120	132	144	156	168
L_2	92	101,2	110,4	119,6	128,8
L_3	85	93,5	102	110,5	119
L_4	80	88	96	104	112
L_5	92	101,2	110,4	119,6	128,8
D_1	80	88	96	104	112
D_2	32,56	35,82	39,07	42,33	45,58
D_3	60	66	72	78	84
D_4	48	52,8	57,6	62,4	67,2
D_5	28	30,8	33,6	36,4	39,2
D_6	52	57,2	62,4	67,6	72,8
C_1	2	2,2	2,4	2,6	2,8
C_2	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
B_1	5	5,5	6	6,5	7
R_1	2	2,2	2,4	2,6	2,8
R_2	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
φ	14	14	14	14	14

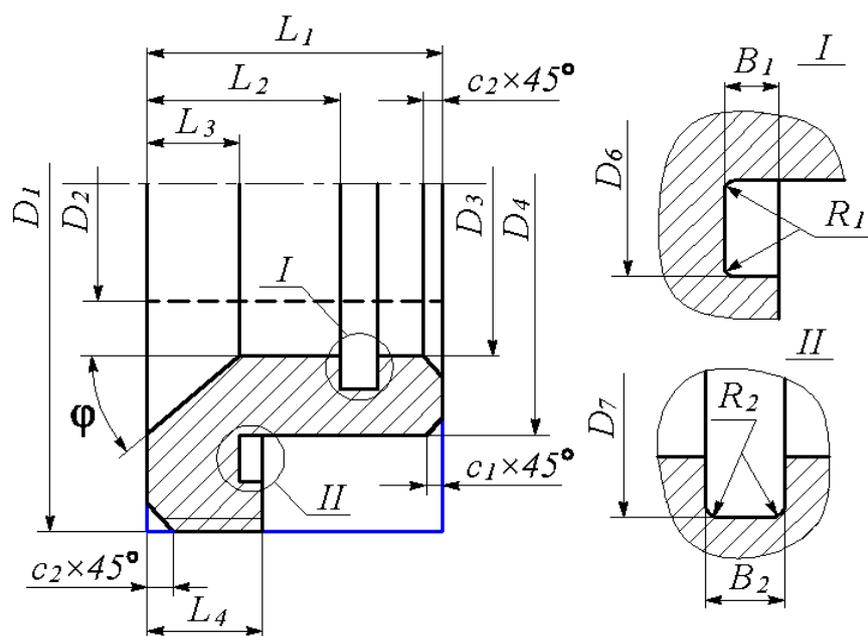


Рис. 4.11. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Таблица 4.4

Размеры детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Размер	Вариант				
	4	9	14	19	24
L_1	60	66	72	78	84
L_2	36	39,6	43,2	46,8	50,4
L_3	18	19,8	21,6	23,4	25,2
L_4	25	27,5	30	32,5	35
D_1	100	110	120	130	140
D_2	30	33	36	39	42
D_3	48	52,8	57,6	62,4	67,2
D_4	72	79,2	86,4	93,6	100,8
D_6	84	92,4	100,8	109,2	117,6
D_7	56	61,6	67,2	72,8	78,4
C_1	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
C_2	2,5	2,75	3	3,25	3,5
B_1	3	3,3	3,6	3,9	4,2
B_2	5	5,5	6	6,5	7
R_1	1	1,1	1,2	1,3	1,4
R_2	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
φ	25	24	26	25	25

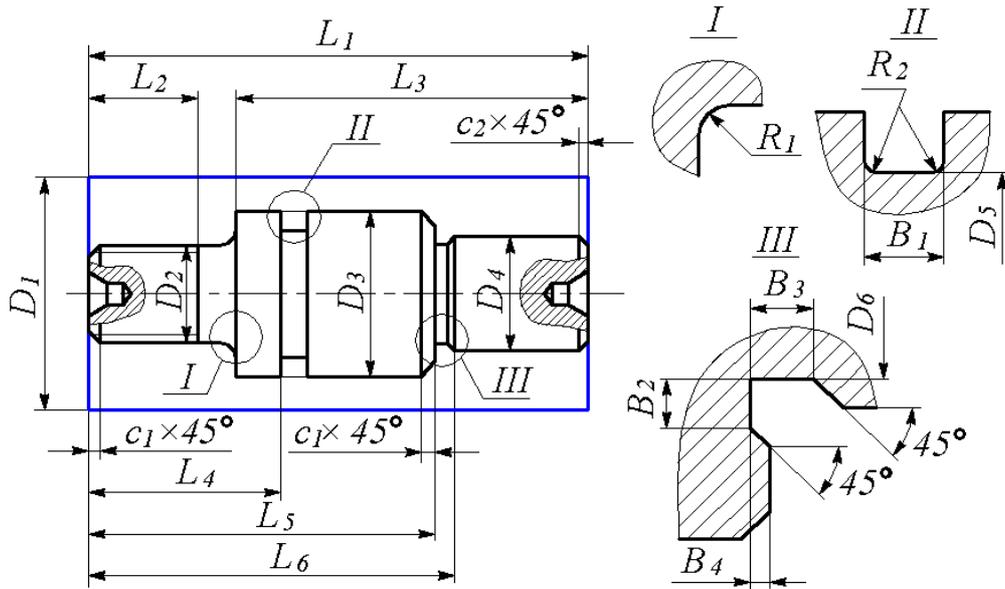


Рис. 4.12. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Таблица 4.5

Размеры детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Размер	Вариант				
	5	10	15	20	25
L_1	112	123,2	134,4	145,6	156,8
L_2	20	22	24	26	28
L_3	86	94,6	103,2	111,8	120,4
L_4	33	36,3	39,6	42,9	46,2
L_5	75	82,5	90	97,5	105
L_6	82	90,2	98,4	106,6	114,8
D_1	80	88	96	104	112
D_2	44	48,4	52,8	57,2	61,6
D_3	72	79,2	86,4	93,6	100,8
D_4	54	59,4	64,8	70,2	75,6
D_5	60	66	72	78	84
D_6	50	55	60	65	70
C_1	2,5	2,75	3	3,25	3,5
C_2	1,6	1,76	1,92	2,08	2,24
B_1	5	5,5	6	6,5	7
B_2	5	5,5	6	6,5	7
B_3	6	6,5	7	7,5	8
R_1	2	2,2	2,4	2,6	2,8
R_2	1	1,1	1,2	1,3	1,4

4.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы особенности записи размерных перемещений в управляющих программах для токарных станков с ЧПУ?

2. По какому признаку разделяют основные и дополнительные элементы контура детали при токарной обработке?

3. Какие выделяют типовые схемы движения инструмента при токарной обработке?

4. Каковы основные особенности программирования круговой интерполяции в системе NC-201?

5. Как осуществляется вызов и отмена коррекции на радиус режущей кромки при вершине резца?

6. Каким образом в системе NC-201 производится определение профиля детали?

7. С помощью каких циклов токарной обработки в системе NC-201 может быть произведен вызов профиля детали?

8. Каким образом кодируется проход для нарезания резьбы резцом при токарной обработке?

9. Каков формат цикла нарезания резьбы в системе NC-201?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

5.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – приобрести умение осуществлять подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы.

5.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

5.2.1. Технологические особенности обработки отверстий на станках с ЧПУ сверлильно-расточной группы

Трудоемкость обработки отверстий в ряде деталей 40% общей трудоемкости, поэтому выбору рациональной схемы обработки отверстий следует уделять особое внимание. Практически все типы станков с ЧПУ пригодны для обработки отверстий.

Технологические переходы обработки отверстий на станках с ЧПУ выполняются по типовым схемам, которые имеют следующие особенности:

1. Большинство переходов осуществляется за один проход (многопроходная обработка характерна только для глубоких отверстий).

2. Траектория инструмента в пределах прохода состоит из участков рабочего и вспомогательного ходов (рис. 3.1).

Рабочий ход, как правило, включает в себя недоход ($1 \div 3$ мм для предварительно обработанных поверхностей, $5 \div 10$ мм для необработанных поверхностей), участок резания и перебег (зависит от размера заборного конуса инструмента и принимается больше его длины на $1 \div 3$ мм; отсутствует при обработке глухих отверстий).

Вспомогательный ход включает быстрый подвод инструмента к обрабатываемому отверстию на величину недохода и его возврат в исходную точку.

3. На участке резания траектория может иметь промежуточные опорные точки, которые характеризуются изменением скоростей подачи и главного движения.

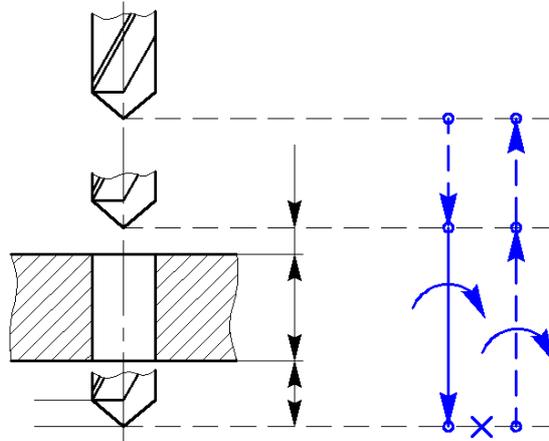


Рис. 5.1. Вспомогательные и рабочие ходы при обработке сквозного отверстия

Последовательность технологических переходов для обработки каждого из отверстий выбирают с учетом следующих факторов:

1. Возможности станка с ЧПУ, которые определяются точностью позиционирования и поворота стола станка или его инструментальной головки, а также числом позиций инструментального магазина.

2. **Конфигурация отверстия**, которая характеризуется составом, размерами и взаимным расположением основных и дополнительных элементов отверстия.

Основными элементами отверстия являются гладкие цилиндрические (реже – конические) поверхности различных квалитетов (обычно от 13-го до 7-го). В случае глухих отверстий к основным элементам также относится дно отверстия, форма которого может быть произвольной.

Дополнительными элементами отверстия являются фаски, канавки, резьбы, наружные и внутренние торцы, требующие обработки.

Отверстия, имеющие более одного основного элемента, относятся к **отверстиям сложной конфигурации**, в которых ос-

новные элементы образуют ступени. При этом каждая выделенная ступень обрабатывается за один или несколько типовых переходов.

3. Допустимые отклонения размеров, формы и относительного расположения поверхностей отверстия, которые определяют набор переходов, необходимый для обеспечения требуемой точности ступени отверстия.

Общая последовательность переходов для всей совокупности обрабатываемых отверстий выбирается из условия сведения до минимума времени на вспомогательные перемещения t_B и смену инструмента t_c :

$$t_B + t_c = \tau \rightarrow \min$$

Различают два основных способа обхода однотипных отверстий инструментами:

1. **Параллельный способ**, при котором одним инструментом обрабатываются все одинаковые отверстия в детали, затем производится смена инструмента и цикл повторяется. Суммарное время на вспомогательные перемещения и смену инструмента при параллельном способе можно найти следующим образом:

$$\tau_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^n t_{ci} + m \cdot \sum_{j=1}^m t_{Bj};$$

где n – число инструментов; m – число отверстий.

2. **Последовательный способ**, при котором каждое отверстие последовательно обрабатывается по всем переходам. Суммарное время при последовательном способе можно найти по формуле:

$$\tau_{\text{пар}} = m \cdot \sum_{i=1}^n t_{ci} + \sum_{j=1}^m t_{Bj}.$$

Для того, чтобы сравнить $\tau_{\text{пар}}$ и $\tau_{\text{пос}}$, можно отнять одно от другого, и после преобразований получим следующее выражение:

$$\tau_{\text{пар}} - \tau_{\text{пос}} = (m - 1) \left(\sum_{i=1}^n t_{ci} - \sum_{j=1}^m t_{Bj} \right).$$

Таким образом, при $\sum t_c > \sum t_B$ параллельный способ является более производительным, чем последовательный и наоборот.

5.2.2. Особенности программирования обработки для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы

Программирование для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы в общем случае сводится к кодированию следующих действий:

- 1) позиционирование инструмента от одной опорной точки (центра отверстия) к другой;
- 2) запуск циклов обработки отверстий, когда инструмент, располагается над требуемой точкой;
- 3) замена инструмента и коррекция его длины.

Для упрощения программирования сверлильных и расточных переходов используют *постоянные циклы обработки отверстий*, которые в общем случае включают в себя следующие действия:

- 1) быстрое перемещение вдоль оси Z из начальной точки цикла до точки начала рабочей подачи (точки возврата);
- 2) однократный рабочий ход вдоль оси Z на заданную глубину отверстия, либо поэтапное заглубление инструмента с периодическим выводом его из отверстия (в конце рабочего хода может присутствовать задержка);
- 3) вывод инструмента из обрабатываемого отверстия на быстром или рабочем ходу в точку возврата или начальную точку цикла (может быть произведен реверс вращения шпинделя).

Функции $G81$ (сверление и центрование) и $G82$ (сверление с паузой в конце рабочего хода) задают циклы сверления с однократным проходом (рис. 5.2). При этом $G81$ обычно применяется при сверлении сквозных отверстий, а $G82$ – глухих отверстий (пауза позволяет более качественно очистить дно отверстия).

Кадр, в котором задается цикл сверления с однократным проходом, имеет следующий вид:

N... G81 (G82) X... Y... Z... P... R... K... F... LF

где параметр P задает время задержки в конце рабочего хода в микросекундах (игнорируется при использовании $G81$); параметр K определяет количество циклов сверления в одном месте (по умолчанию K имеет значение 1; при записи $K0$ данные о цикле вводятся в память системы ЧПУ, но сам цикл не выполняется).

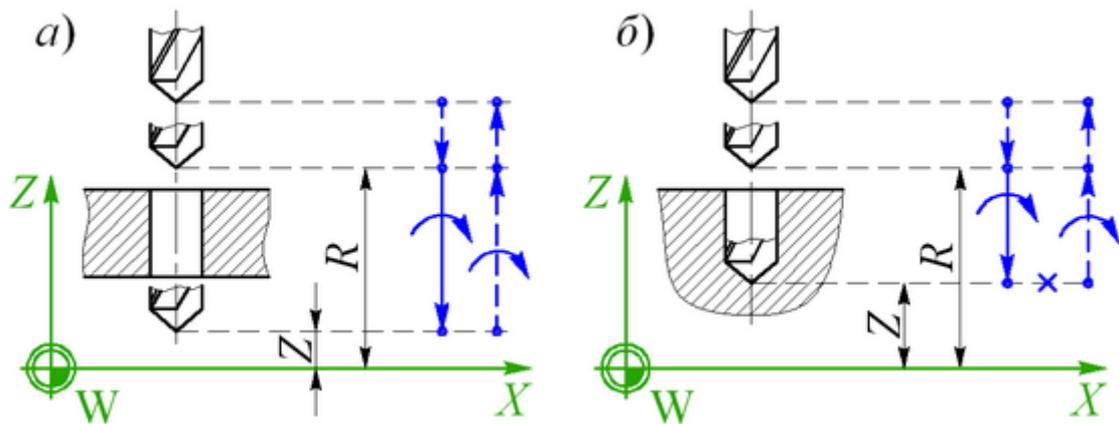


Рис. 5.2. Циклы сверления с однократным проходом:
а) цикл G81; б) цикл G82

Функция G83 задает цикл глубокого сверления, при котором обработка сопровождается многократным выводом инструмента из отверстия для удаления стружки.

Кадр, в котором задается цикл глубокого сверления, имеет следующий вид:

N... G83 X... Y... Z... Q... R... K... F... LF

где параметр Q определяет приращение глубины сверления за один проход (рис. 5.3).

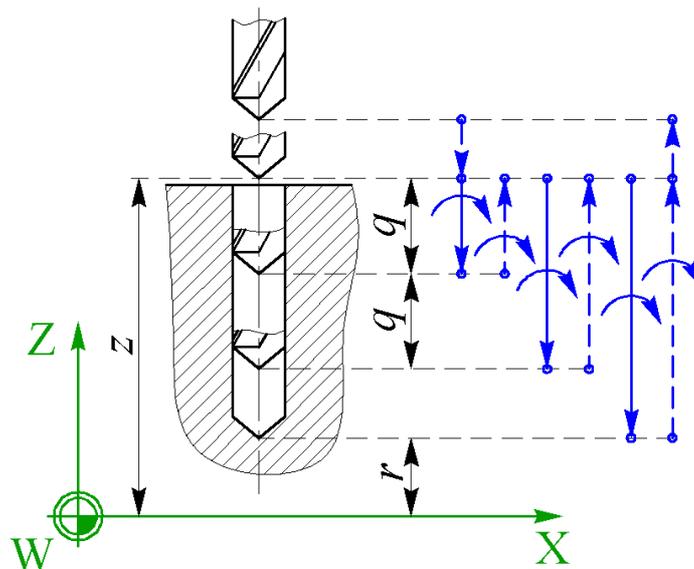


Рис. 5.3. Цикл глубокого сверления G83

Функция *G84* задает цикл нарезания резьбы метчиком, при котором по достижении заданной глубины осуществляется реверс рабочей подачи и вращения шпинделя.

Кадр, в котором задается цикл нарезания резьбы метчиком, имеет следующий вид:

N... G84 X... Y... Z... R... K... F... LF

Функция *G85* (растачивание или развертывание) задает самый простой цикл растачивания без задержки в конце рабочего хода (рис. 5.4). Кадр, в котором программируется цикл растачивания *G85*, записывается следующим образом:

N... G85 X... Y... Z... R... K... F... LF

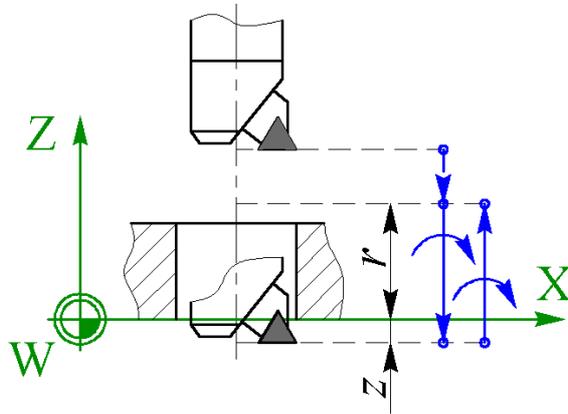


Рис. 5.4. Цикл простого растачивания (развертывания) *G85*

Функция *G87* (растачивание) задает цикл растачивания с радиальным смещением расточной оправки для ввода инструмента в отверстие на быстром ходу и применяется для растачивания отверстий на обратной подаче (рис. 5.5). Данный цикл предполагает следующие действия:

1) быстрое перемещение расточной оправки в начальную точку цикла и ее радиальное смещение на величину q относительно оси отверстия;

2) быстрое перемещение расточной оправки в точку возврата (координата r) и ее радиальное смещение на величину q до совмещения с осью отверстия;

3) рабочий ход в точку с координатой z с остановкой подачи в конце рабочего хода на время p ;

4) остановка вращения шпинделя и отвод расточной оправки от обрабатываемой поверхности в радиальном направлении на величину q ;

5) быстрое перемещение расточной оправки вдоль оси Z в начальную точку (по умолчанию) или в точку возврата;

6) совмещение оси вращения шпинделя с ось отверстия.

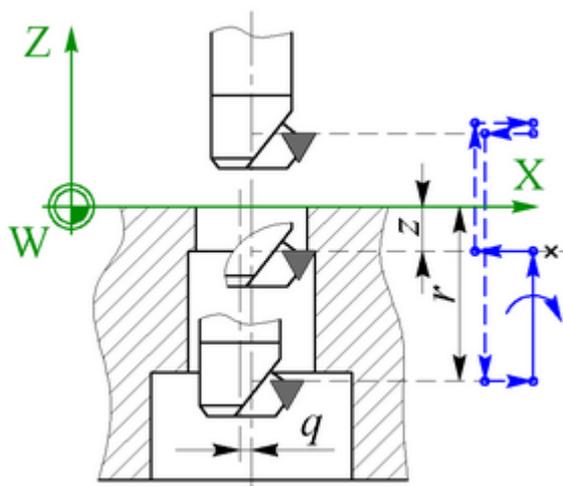


Рис. 5.5. Цикл растачивания с радиальным смещением, задаваемый функцией $G87$

Кадр, в котором программируется цикл растачивания, задаваемый функцией $G87$, имеет следующий вид:

N... G87 X... Y... Z... Q... R... K... F... LF

где параметр Q определяет значение q радиального смещения расточной оправки (рис. 5.5).

Для стержневых и расточных инструментов, применяемых для обработки отверстий, требуется указать только коррекцию на длину инструмента без указания коррекции на диаметр.

Для станков сверлильно-расточной группы задание коррекции на длину инструмента производится функцией $G43$ ($G44$), если инструмент короче (длиннее) запрограммированного. При этом в корректор заносится абсолютная разность Δz между расчетной z_0 и действительной z_1 координатой центра инструмента. Отсюда кадр УП, в котором задается коррекция на длину инструмента, будет иметь следующий вид:

N... G43 (G44) Z... T... LF

Слово *H00* или функция *G49* используются для отмены коррекции на длину инструмента.

5.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данная лабораторная работа предполагает выполнение следующих этапов:

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Пройти собеседование с преподавателем и получить задание для выполнения работы.
3. На основе конфигурации отверстий в детали (рис. 5.6–5.10), их размеров и точности (табл. 5.1–5.5) составить последовательность технологических переходов для обработки каждого отверстия. Для одинаковых отверстий составить одну последовательность.
4. Для разнотипных переходов произвести выбор режущих инструментов и построить схемы обработки отверстий.
5. Составить общую для всех отверстий последовательность технологических переходов
6. Построить расчетно-технологическую карту для данной операции.
7. На основе полученных данных составить текст управляющей программы
8. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

5.4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Режимы обработки необходимо произвольно выбрать из следующих диапазонов: подача $440 \div 560$ мм/мин, скорость вращения шпинделя $35 \div 50$ м/мин. При программировании обработки отверстий, расположенных под углом к плоскостям детали, размерные перемещения следует задавать в полярной системе координат.

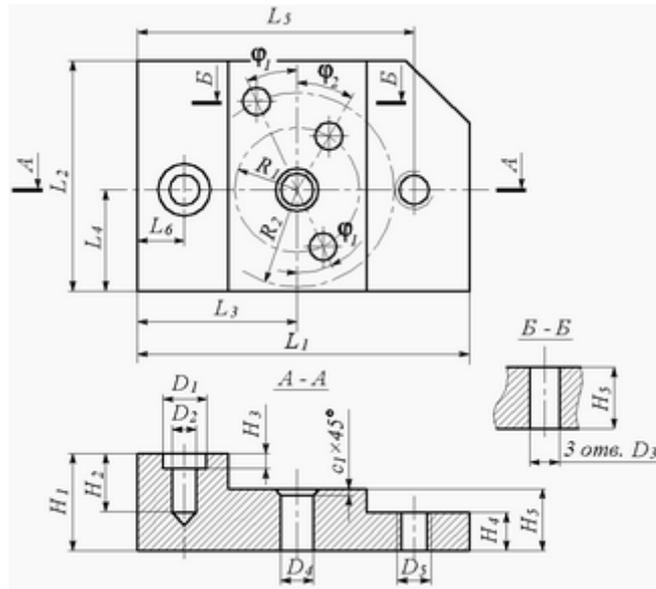


Рис. 5.6. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Таблица 5.1

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 1, 6, 11, 16, 21

Размер	Вариант				
	1	6	11	16	21
L_1	130	150	155	150	130
L_2	100	110	115	100	110
L_3	60	60	65	60	60
L_4	40	50	50	40	40
L_5	110	115	120	115	115
L_6	9	11	11	9	9
D_1	12	15	15	12	13
D_2	8	10	11	7	9
D_3	10	8	8	10	7
D_4	11H7	9H7	12H7	10H8	8H7
D_5	9M	6M	7M	8M	6M
H_1	20	25	30	25	24
H_2	10	18	17	10	12
H_3	4	6	6	4	5
H_4	10	9	10	8	11
H_5	12	15	15	13	15
R_1	38	40	40	38	38
R_2	30	30	30	30	32
c_1	2	1	3	2	3
φ_1	20°	22°	25°	21°	23°
φ_2	25°	20°	25°	24°	23°

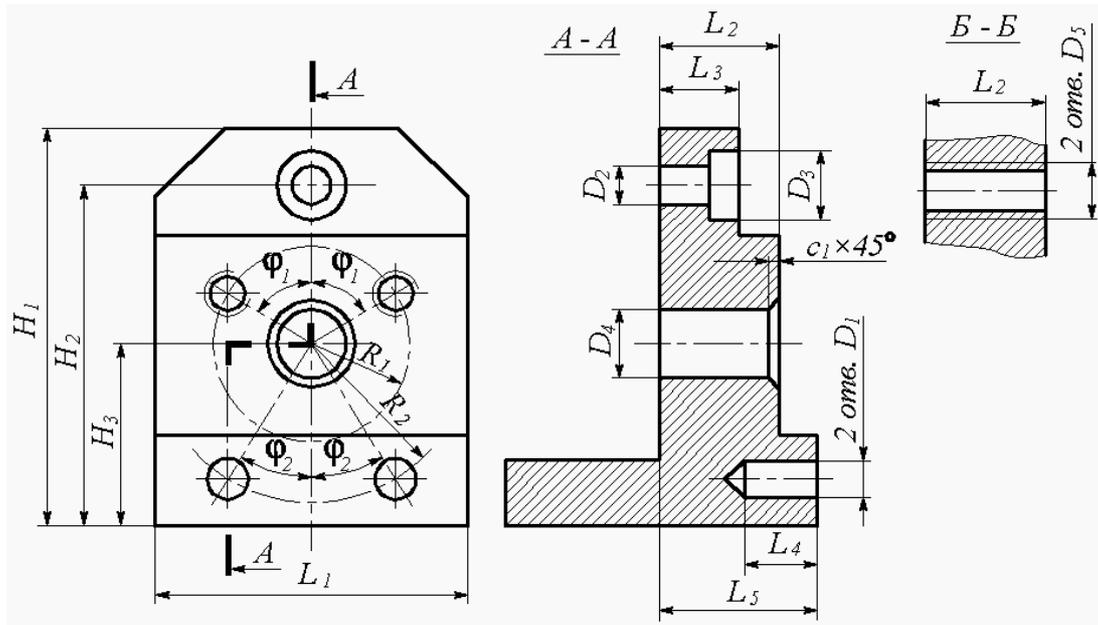


Рис. 5.7. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Таблица 5.2

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 2, 7, 12, 17, 22

Размер	Вариант				
	2	7	12	17	22
L_1	90	86	95	88	98
L_2	30	35	35	37	38
L_3	20	20	25	27	28
L_4	15	20	20	17	18
L_5	40	40	45	42	43
D_1	10	12	11	13	10
D_2	8	10	9	8	7
D_3	14	13	15	12	13
D_4	15H7	13H8	14H7	16H8	12H7
D_5	7M	9M	10M	8M	9M
H_1	130	140	150	132	132
H_2	115	120	125	117	117
H_3	60	70	70	62	62
R_1	40	45	47	42	42
R_2	55	65	65	57	57
c_1	2	3	2	2	3
φ_1	20°	18°	22°	24°	20°
φ_2	18°	22°	25°	25°	20°

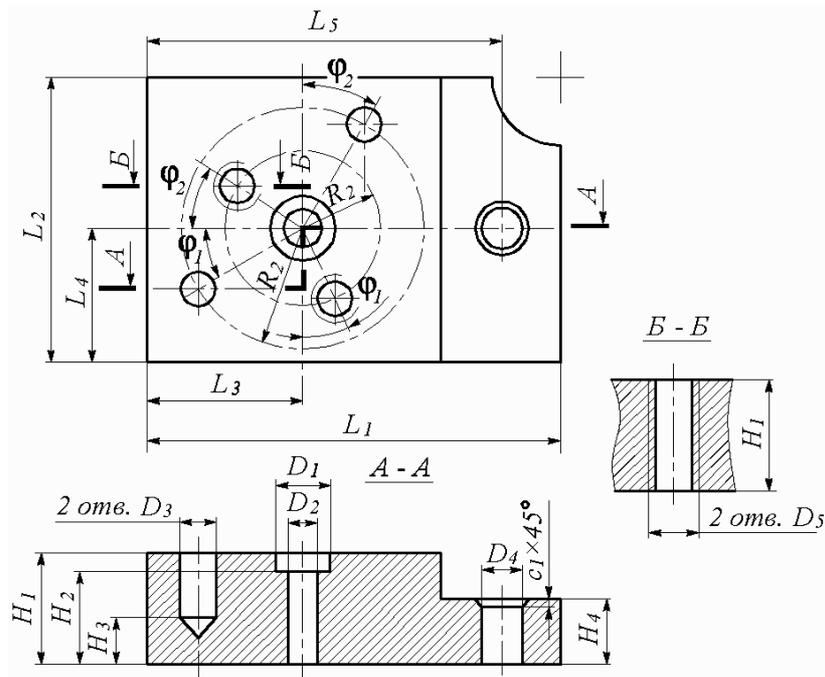


Рис. 5.8. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Таблица 5.3

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 3, 8, 13, 18, 23

Размер	Вариант				
	3	8	13	18	23
L_1	150	152	148	153	150
L_2	130	131	129	132	135
L_3	55	55	52	55	55
L_4	60	61	57	60	63
L_5	130	130	126	132	132
D_1	14	12	15	14	12
D_2	11	10	11	10	9
D_3	8	9	7	8	7
D_4	15H7	17H8	14H7	13H7	16H8
D_5	13M	10M	12M	13M	10M
H_1	30	32	30	31	35
H_2	26	25	23	26	29
H_3	6	8	8	9	11
H_4	12	10	10	13	15
R_1	50	50	55	50	52
R_2	38	40	35	40	37
c_1	3	2	2	3	2
φ_1	24°	25°	23°	24°	27°
φ_2	26°	25°	23°	27°	29°

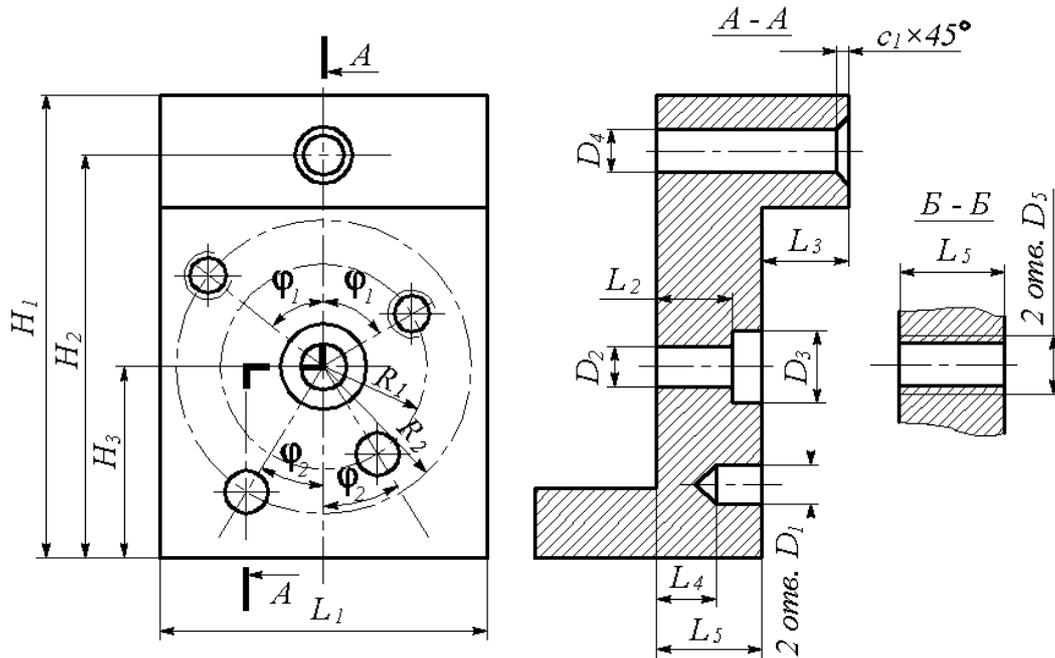


Рис. 5.9. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Таблица 5.4
Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 4, 9, 14, 19, 24

Размер	Вариант				
	4	9	14	19	24
L_1	80	85	75	82	80
L_2	30	32	25	35	35
L_3	13	14	10	15	14
L_4	6	15	5	8	9
L_5	40	45	35	45	45
D_1	10	12	10	7	9
D_2	12	15	13	12	15
D_3	16	18	19	15	17
D_4	15H7	13H8	12H7	14H7	11H7
D_5	10M	7M	8M	10M	9M
H_1	150	160	140	155	155
H_2	135	130	125	130	140
H_3	65	60	55	60	62
R_1	30	32	30	35	40
R_2	50	50	48	50	48
c_1	2	2	3	3	2
φ_1	28°	30°	25°	27°	28°
φ_2	25°	30°	29°	28°	29°

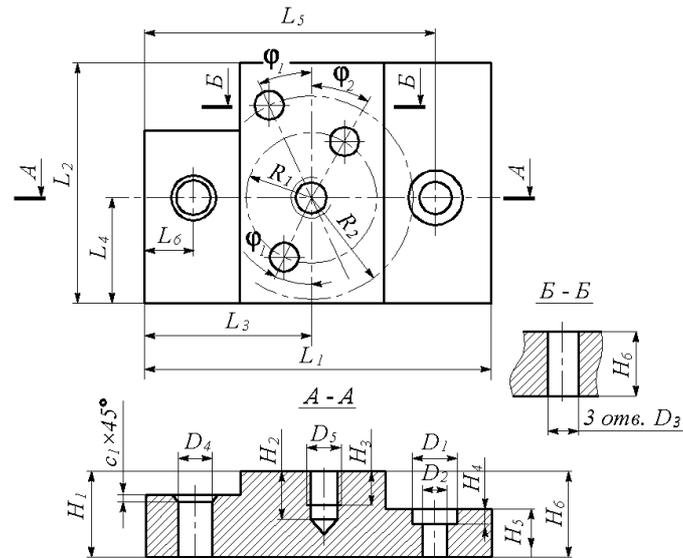


Рис. 5.10. Эскиз обрабатываемой детали для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Таблица 5.5

Размеры обрабатываемых деталей для вариантов 5, 10, 15, 20, 25

Размер	Вариант				
	5	10	15	20	25
L_1	180	170	185	182	178
L_2	100	100	115	98	110
L_3	80	82	85	85	80
L_4	45	40	52	45	43
L_5	160	155	160	164	160
L_6	12	10	12	10	13
D_1	17	16	19	15	18
D_2	13	10	14	10	12
D_3	14	12	10	8	11
D_4	18H7	19H10	15H7	20H8	16H7
D_5	17M	13M	16M	14M	13M
H_1	45	49	50	40	42
H_2	30	35	38	35	30
H_3	12	28	30	25	25
H_4	7	6	7	6	7
H_5	20	22	23	20	22
H_6	45	49	50	40	42
R_1	30	27	25	32	24
R_2	40	35	45	40	38
c_1	2	3	3	2	4
φ_1	30°	25°	20°	30°	32°
φ_2	32°	22°	22°	30°	28°

5.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные технологические особенности обработки отверстий на станках с ЧПУ?
2. Что относится к основным и дополнительным элементам отверстий?
3. В чем заключаются отличия параллельного и последовательного способов обхода инструментами однотипных отверстий?
4. Какими функциями кодируются ускоренные перемещения при сверлильно-расточной обработке?
6. Из каких действий состоит постоянный цикл обработки отверстия?
7. Какими функциями задаются постоянные циклы обработки отверстий?
8. Какими командами производится вызов и отмена коррекции инструмента на вылет при программировании обработки на сверлильно-расточных станках с ЧПУ?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

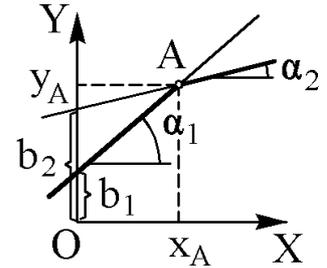
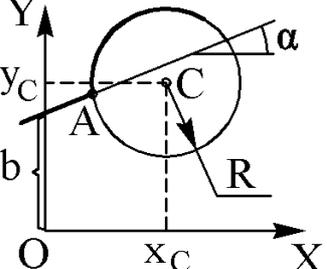
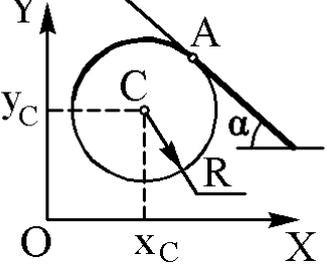
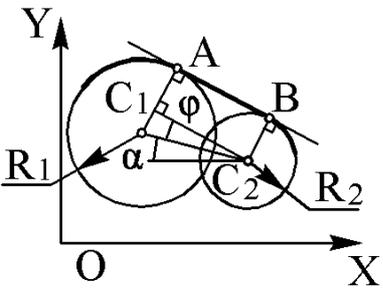
1. Серебсеницкий, П. П. Программирование автоматизированного оборудования: учеб. для вузов: В 2 ч. Ч. 1. / П. П. Серебсеницкий, А. Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2008. – 576 с.
2. Серебсеницкий, П. П. Программирование автоматизированного оборудования: учеб. для вузов: В 2 ч. Ч. 2. / П. П. Серебсеницкий, А. Г. Схиртладзе. – М.: Дрофа, 2008. – 301 с.
3. Ловыгин, А. А. Современный станок с ЧПУ и САД/САМ система / А. А. Ловыгин, А. В. Васильев, С. Ю. Кривцов. – М.: Эльф ИПР, 2006. – 286 с.
4. Сосонкин, В. Л. Системы числового программного управления: учебн. пособие / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. – М.: Логос, 2005. – 296 с.
5. Устройство ЧПУ NC-110, NC-200, NC-210. Руководство оператора. – СПб.: Балт-Систем, 2004. – 150 с.
6. Каштальян, И. А. Обработка на станках с числовым программным управлением: справ. пособие / И. А. Каштальян, В. И. Клевзович. – Мн., 1989. – 271 с.
7. Босинзон, М. А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация / М. А. Босинзон; под ред. Б. И. Черпакова. – 2-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2008. – 192 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

П.1. Формулы для определения координат опорных точек

Таблица П.1

Уравнения и формулы для расчета координат опорных точек на контуре детали

№	Расчетная схема	Уравнения и формулы
1		$y = k_1x + b_1$ $y = k_2x + b_2$ $k_1 = \operatorname{tg} \alpha_1, k_2 = \operatorname{tg} \alpha_2.$
2		$y = kx + b;$ $(y - y_C)^2 + (x - x_C)^2 = R^2;$ $k = \operatorname{tg} \alpha.$
3		$x_A = x_{C1} \pm R \sin \alpha;$ $y_A = y_{C1} \pm R \cos \alpha.$
4		$x_A = x_{C1} \pm R_1 \cdot \sin(\alpha + \varphi);$ $y_A = y_{C1} \pm R_1 \cdot \cos(\alpha + \varphi);$ $x_B = x_{C2} \pm R_2 \cdot \sin(\alpha + \varphi);$ $y_B = y_{C2} \pm R_2 \cdot \cos(\alpha + \varphi);$ $\alpha = \operatorname{arctg} (y_{C2} - y_{C1}) / (x_{C2} - x_{C1});$ $\varphi = \operatorname{arcsin} (R_2 - R_1) / [(y_{C2} - y_{C1})^2 + (x_{C2} - x_{C1})^2]^{1/2}.$

№	Расчетная схема	Уравнения и формулы
5		$(y - y_{C1})^2 + (x - x_{C1})^2 = R_1^2$ $(y - y_{C2})^2 + (x - x_{C2})^2 = R_2^2$
6		$x_A = x_{C1} \pm R \cos \alpha;$ $y_A = y_{C1} \pm R \sin \alpha;$ $\alpha = \arctg (y_{C2} - y_{C1}) / (x_{C2} - x_{C1}).$

Таблица П.2

Формулы для расчета координат опорных точек на эквидистанте

№	Расчетная схема	Формулы
1		$x_1 = x_A + R_{н} \cdot \sin \alpha_1;$ $y_1 = y_A + R_{н} \cdot \cos \alpha_1;$ $x_2 = x_A + R_{н} \cdot \sin \alpha_2;$ $y_2 = y_A + R_{н} \cdot \cos \alpha_2.$
2		$x_1 \text{ и } y_1 \text{ определяются аналогично схеме 1}$ $x_2 = x_A + R_{н} \cdot (x_C - x_A) / R;$ $y_2 = y_A + R_{н} \cdot (y_C - y_A) / R.$
3		$x_1 = x_A + R_{н} \cdot (x_A - x_{C1}) / R_1;$ $y_1 = y_A + R_{н} \cdot (y_A - y_{C1}) / R_1;$ $x_2 = x_A + R_{н} \cdot (x_{C2} - x_A) / R_2;$ $y_2 = y_A + R_{н} \cdot (y_{C2} - y_A) / R_2.$

П.2. Основные подготовительные и вспомогательные функции

Таблица П.3

Значения основных подготовительных функций

Код функции	Наименование	Значение
G00	Быстрое позиционирование	Перемещение на быстром ходу в заданную точку
G01	Линейная интерполяция	Рабочее перемещение в заданную точку по прямой
G02, G03	Круговая интерполяция	Рабочее перемещение в заданную точку по дуге окружности в направлении часовой стрелки (G02) и против часовой стрелки (G03)
G04	Выдержка времени, заданная в кадре	
G09	Замедление в конце кадра	
G17, G18, G19	Выбор плоскости	Использование в качестве рабочей плоскости соответственно XY, XZ, YZ
G33	Нарезание резьбы	
G40	Отмена коррекции на радиус	
G41, G42	Вызов коррекции на радиус	
G80	Отмена постоянных циклов	
G81	Цикл сверления	
G82	Цикл растачивания	

Код функции	Наименование	Значение
G83	Цикл глубокого сверления	
G84	Цикл нарезания резьбы метчиком	
G85	Цикл рассверливания	
G86	Цикл развертывания	
G90	Абсолютный размер	Отсчет перемещений относительно выбранной нулевой точки
G91	Размер вращениях	Отсчет перемещения относительно предыдущей запрограммированной точки
G94, G95	Единица скорости подачи	Скорость подачи соответственно в мм/мин и в мм/об
G96, G97	Единица скорости главного движения	Скорость главного движения соответственно в м/мин и в об/мин

Таблица П.4

Значения основных вспомогательных функций

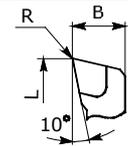
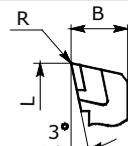
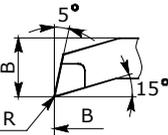
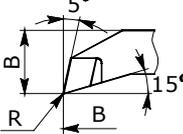
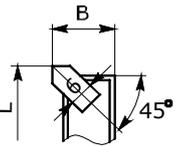
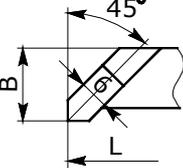
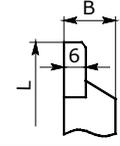
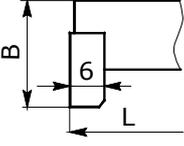
Код функции	Наименование	Значение
M00	Программируемый останов	Останов без потери информации по окончании обработки соответствующего кадра. После выполнения команд происходит останов шпинделя, охлаждения, подачи. Работа по программе возобновляется нажатием кнопки «пуск» пульта системы ЧПУ
M02	Конец программы	Указывает на завершение обработки УП и приводит к останову шпинделя, подачи и выключе-

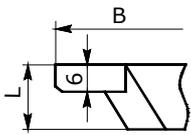
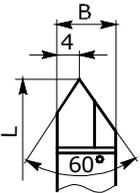
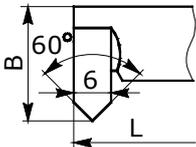
Код функции	Наименование	Значение
		нию охлаждения после выполнения всех команд в кадре. Используется для приведения в исходное состояние УЧПУ и (или) исполнительных органов станка
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закрепленный в шпинделе, входит в заготовку
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закрепленный в шпинделе, выходит из заготовки
M05	Останов шпинделя	Остановка шпинделя наиболее эффективным способом. Выключение охлаждения
M06	Смена инструмента	Команда на смену инструмента. Может отключать шпиндель и охлаждение
M07	Включение охлаждения № 2	Включение вспомогательного охлаждения (например, масляным туманом)
M08	Включение охлаждения № 1	Включение основного охлаждения (например, жидкостью)
M09	Отключение охлаждения	Отменяет команды M07 и M08
M30	Конец информации	Приводит к останову шпинделя, подачи и выключению охлаждения. Используется для установки в исходное состояние УЧПУ и (или) исполнительных органов станка. Установка в исходное положение УЧПУ включает в себя перемотку перфоленты до символа % (начало программы)

П.3. Режущие инструменты для токарной обработки

Таблица П.5

Режущие инструменты

№	Наименование	Эскиз	Обозначение	Размеры, мм		
				L	B	R
1	Резец проходной ГОСТ 18880-73		2103-0003	120	18	0,4
			2103-0007	140	24	0,4
			2103-0009	170	30	0,7
2	Резец контурный ГОСТ 20872-80		2101-0601	150	25	0,5
3	Резец расточный проходной ГОСТ 18880-73		2141-0002	120	19,5	0,4
			2141-0004	140	20,5	0,4
			2141-0005	170	20,5	0,4
4	Резец расточный контурный ГОСТ 18880-73		2141-0555	140	19,5	0,5
5	Резец для угловых канавок ТУ 2-035-588-77		—	140	24	—
6	Резец расточный для угловых канавок ТУ 2-035-588-77		—	140	24	—
7	Резец прорезной ТУ 2-035-588-77		—	170	16	—
8	Резец прорезной расточный ТУ 2-035-588-77		—	170	25	—

№	Наименование	Эскиз	Обозначение	Размеры, мм		
				L	B	R
9	Резец для торцевых канавок ТУ 2-035-588-77		—	170	16	—
10	Резец резьбовой для наружной резьбы ГОСТ 18885-73		2660-0003	140	16	—
11	Резец резьбовой для внутренней резьбы ГОСТ 18885-73		2662-0005	170	25	—

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПОДГОТОВКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧПУ		2
1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....		2
1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ		2
1.2.1. Системы координат станков с ЧПУ		2
1.2.2. Система координат детали и инструмента		5
1.2.3. Особенности построения расчетно-технологической карты		8
1.2.4. Особенности расчета траектории инструмента при контурной обработке		10
1.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ		12
1.4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ		13
1.5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ		19
1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ		22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА СТАНКЕ 16К20Ф3 С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ NC- 201		23
2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....		23
2.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ		23
2.2.1. Общее описание станка 16К20Ф3		23
2.2.2. Общее описание устройства ЧПУ NC-201.....		26
2.2.3. Описание пульта оператора		27
2.2.4. Подготовка комплекса «станок с ЧПУ» к выполнению управляющей программы		32
2.2.5. Определение положения нуля детали относительно нуля станка и настройка режущих инструментов.....		33
2.2.6. Испытание управляющей программы при использовании графической видеостраницы		34
2.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ		35
2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ		36
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. КОДИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧПУ		37
3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....		37
3.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ		37

3.2.1. Структура управляющей программы	37
3.2.2. Подготовительные и вспомогательные функции	39
3.2.3. Кодирование размерных перемещений.....	41
3.2.4. Программирование смены и коррекции инструмента на вылет	44
3.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	45
3.4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	45
3.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	52
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ 16К20Ф3 С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ НС-201.....	
4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	53
4.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	53
4.2.1. Основные особенности программирования токарных станков с ЧПУ	53
4.2.2. Программирование профиля и циклов токарной обработки.....	56
4.2.3. Программирование нарезания резьбы с помощью резьбового резца.....	58
4.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	60
4.4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ.....	62
4.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	67
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ.....	
5.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	68
5.2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	68
5.2.1. Технологические особенности обработки отверстий на станках с ЧПУ сверлильно-расточной группы	68
5.2.2. Особенности программирования обработки для станков с ЧПУ сверлильно-расточной группы	71
5.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	75
5.4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	75
5.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	81
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	82
ПРИЛОЖЕНИЕ	83
П.1. Формулы для определения координат опорных точек	83

П.2. Основные подготовительные и вспомогательные функции	85
П.3. Режущие инструменты для токарной обработки.....	88
П.4. Выбор последовательности переходов для обработки отверстия.....	90